Р 19/198
кн. 19

P 19
198

LH 57

$$\frac{1}{2}\sqrt{3} + \frac{1}{2}i$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{11}$$

4/37

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

КНИГА 19

Р 19/198 [Звен]

А. Д. АРХАНГЕЛЬСКИЙ

КУРСКАЯ МАГНИТНАЯ АНОМАЛИЯ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА ПЕТРОГРАД
1924

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ.

Серия книг, издаваемая под общей редакцией: А. Д. Архангельского, В. Ф. Кагана, Н. К. Кольцова, В. А. Костицына, П. П. Лазарева и Л. А. Тарасевича. При ближайшем участии в редакционной работе: В. М. Арнольди, Т. К. Молодого, В. В. Шарвина и Э. В. Шпольского.

ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ:

1. К. Фаянс. — Радиоактивность. Перев. и дополнен. Э. В. Шпольского. Ц. 35 к.
2. „Омоложение". — Сборник статей под ред. Н. К. Кольцова. Ц. 2 р.
3. Э. Резерфорд. — Строение атома и искусственное разложение элементов. Собрание оригинальных работ (1919—1922). Подгот. к печ. Э. В. Шпольский. Ц. 1 р. 10 к.
4. А. Вейль. — Внутренняя секреция. Перевод Н. М. Гуляевой, под редакцией Н. К. Кольцова. Ц. 1 р. 25 к.
5. Р. Гольдшмидт. — Механизм и физиология определения пола. С добавлениями автора к русскому изданию. Перев. П. И. Живаго, под ред. Н. К. Кольцова. Ц. 2 р. 20 к.
6. В. Нернст. — Мироздание в свете новых исследований. Перевод Г. С. Ландсберга. Ц. 35 к.
7. П. П. Лазарев. — Ионная теория возбуждения. Ц. 1 р. 50 к.
8. Э. Борель. — Случай. Введение в теорию вероятностей. Перевод под редакцией В. А. Костицына. Ц. 1 р. 70 к.
9. А. Вегенер. — Происхождение луны и ее кратеров. Перев. под ред. А. Д. Архангельского и В. А. Костицына. Ц. 45 к.
10. Сванте Аррениус. — Жизненный путь планет. Перевод под редакцией В. А. Костицына. Ц. 1 р. 70 к.
11. Нильс Бор. — Три статьи о спектрах и строении атомов. Перевод С. И. Вавилова. Ц. 1 р. 25 к.
14. Ф. В. Астон. — Изотопы. Перев. под ред. А. П. Афанасьева. Ц. 2 р.

ПЕЧАТАЮТСЯ:

Т. Морган. — Структурные основы наследственности. Перевод под ред. В. Н. Лебедева.
Э. Фрейндлих. — Основы теории тяготения Эйнштейна. Перевод под ред. В. К. Фредерикса.
М. В. Павлова. — Вымирание животных в прошедшие геологические эпохи.
Л. Ж. Гендерсон. — Среда жизни. Перев. С. Н. Скадовского.
Ж. Перрен. — Атомы. С предисл. автора к русскому изданию.
А. Вегенер. — Происхождение континентов и океанов.
Э. Борель. — Пространство и время.
Т. И. Юдин. — Евгеника.
„Омоложение". — Сборник статей под ред. Н. К. Кольцова, вып. 2.
В. Н. Любименко. — Процесс синтеза в мире растений.
Р. Милликэн. Электрон. Перевод под ред. С. И. Вавилова.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Под общей редакцией А. Д. Архангельского, В. Ф. Кагана, Н. К. Кольцова, В. А. Костицына, П. П. Лазарева и Л. А. Тарасевича

Книга 19

А. Д. АРХАНГЕЛЬСКИЙ

КУРСКАЯ МАГНИТНАЯ АНОМАЛИЯ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

4/52
Р 19/198

А. Д. АРХАНГЕЛЬСКИЙ

КУРСКАЯ МАГНИТНАЯ АНОМАЛИЯ

С ДОБАВЛЕНИЕМ СТАТЬИ
Н. И. СВИТАЛЬСКОГО
КРИВОРОЖСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН
И КУРСКАЯ МАГНИТНАЯ АНОМАЛИЯ

XXIV-1342

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА — ПЕТРОГРАД

I — 7/VIII 1923 г.

Гиз. № 5444. Главлит. № 15249. Москва. Напеч. 3.000 экз.

«Мосполиграф». 1-я Образцовая типография, Пятницкая, 71.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Курская магнитная аномалия не один год уже привлекает к себе внимание научных кругов, а в последнее время, под влиянием газетных известий об открытии в Курской губернии залежей железных руд, живой интерес к этому явлению охватил самые широкие слои. К автору настоящей статьи, как к члену Комиссии по изучению аномалии, неоднократно обращались с просьбами дать в печати возможно полное освещение вопроса и высказать свое мнение относительно экономического значения тех открытий, о которых сообщалось в газетах.

Предлагаемая вниманию читателя книжечка является попыткой дать посильный ответ на связанные с изучением Курской аномалии вопросы. Взявшись за эту работу, я отнюдь не имел в виду изложить вопрос так, чтобы он был понятен каждому грамотному человеку; для этого у меня нет необходимых способностей, и кроме того, совершенно популярное изложение вопроса едва ли позволило бы осветить его надлежащим образом. При нем невольно пришлось бы уклониться от упоминания о многих интересных в научном и общественном отношении деталях, и было бы трудно избежать совершенно голословных утверждений. Однако для многочисленного круга читателей, обладающих основами естественно-исторических знаний, книжка, надеюсь, будет понятной.

Отмечу, между прочим, что статья содержит в себе не только одни известные уже в научной литературе факты: в ней впервые с достаточной полнотой излагаются мои взгляды

на строение древнего, докембрийского основания русской равнины, а также взгляды на строение курского рудоносного района, отвечающие современному состоянию фактических данных; наконец, впервые мне приходится также намечать ближайшие задачи изучения района аномалий, исходя из прочного знания причин последних.

Москва. 1923. VI. 28.

ВВЕДЕНИЕ.

НЕСКОЛЬКО СЛОВ О МАГНИТНЫХ АНОМАЛИЯХ И О СВЯЗИ ИХ С ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ЯВЛЕНИЯМИ.

Главнейшей задачей предлагаемой вниманию читателя книжки является истолкование магнитных и гравитационных[1]) аномалий, наблюдаемых в Курской губернии, с точки зрения геолога. Так как, быть может, не всем, кому книжка попадет в руки, термин „магнитная аномалия“ представляется вполне ясным, то мы должны посвятить этому вопросу несколько предварительных строк. Попутно постараемся выяснить также и ту связь, которая существует между аномалиями и геологической структурой тех районов, в которых аномалии встречаются.

Известно, что земля действует направляющим образом на магнитную стрелку и может быть уподоблена огромному магниту, южный полюс которого, притягивающий северный конец стрелки, расположен на крайнем севере Северной Америки, северный же лежит на Южном полярном материке; магнитные полюсы земли, таким образом, не совпадают с ее географическими полюсами. Магнитное силовое поле земли приблизительно таково, как если бы оно обусловливалось очень малым, но огромной силы магнитом *ns*, который расположен в центре земли, под некоторым углом к оси вращения последней (рис. 1) Под влиянием этого поля свободно вращающаяся во всех направлениях магнитная стрелка принимает в данном пункте в данный момент вполне определенное положение, согласно с направлением силовых линий.

---

[1]) Гравитационная аномалия иначе называется аномалией силы тяжести.

Угол, образуемый в горизонтальной плоскости направлением стрелки с географическим меридианом, называется склонением (D), угол же, образуемый ею в вертикальной плоскости с горизонтом, получил название наклонения (I). Склонение может быть, очевидно, определено при помощи стрелки, которая, как в компасе, может вращаться лишь в горизонтальной плоскости. Если северный конец стрелки при этом отклоняется на восток от меридиана, то склонение носит название восточного; в противном случае его называют западным. Для определения наклонения необходимо иметь стрелку, вращающуюся в вертикальной плоскости, при чем последняя устанавливается предварительно в плоскости магнитного меридиана, т.-е. по тому направлению, которое принимает стрелка компаса. Для полной характеристики поля в каждом данном пункте, кроме склонения и наклонения, необходимо знать еще его напряжение или, что все равно, горизонтальную (H) и вертикальную (Z) составляющие этого напряжения в плоскости магнитного меридиана. За единицу напряжения принимают единицу Гаусс ($Г$).

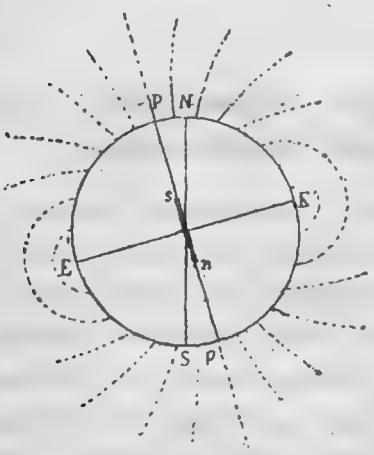


Рис. 1. Магнитное поле земного шара. N и S — географические полюсы земли. P и P — приблизительное положение магнитных полюсов земли. EE — приблизительное положение магнитного экватора. Пунктиром отмечено *приблизительное* направление силовых линий земного поля. (Из Бачинского).

Если на карте соединить линиями пункты, имеющие равное склонение, равное наклонение и равное напряжение, то получатся кривые, которые называют, соответственно, изогонами, изоклинами и изодинамами. Чтобы дать более конкретное представление о расположении изогон, мы приведем здесь их карту для Западной Европы, относящуюся к 1908 году, (рис. 2). Изогоны, очевидно, не совпадают с географическими меридианами и сходятся все на магнитных полюсах. Величина наклонения возрастает от экватора по направлению к полюсам и достигает максимума на магнитных полюсах, где стрелка становится вертикально, т. е. где наклонение равно 90°. Изоклины, очевидно, не совпадают с географическими

параллелями. Изоклина 0°, по которой стрелка располагается горизонтально, называется магнитным экватором. На последнем полная магнитная сила имеет наименьшую величину, 0,26 *Г*; на магнитном полюсе она достигает максимума и равна 0, 70 *Г*. Величина горизонтальной и вертикальной составляющих, как это легко понять, изменяются обратно; в местах,

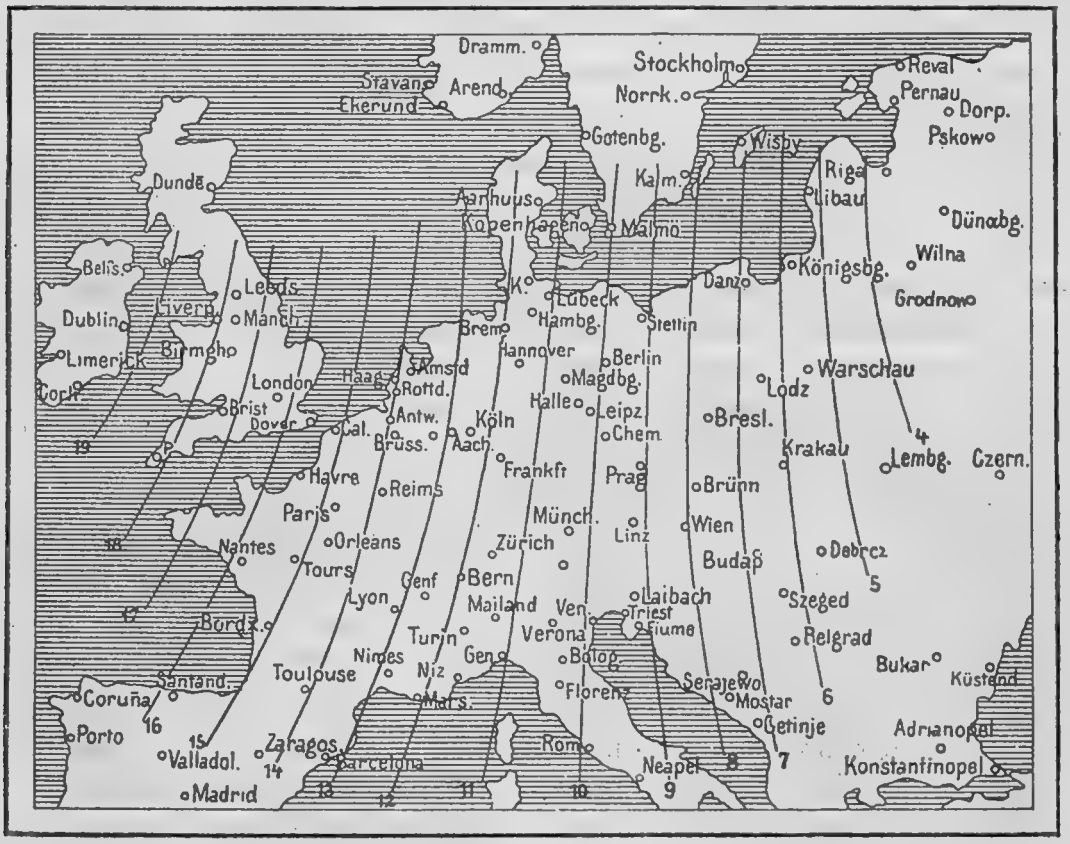


Рис. 2. Карта изогон западной Европы. 1908 г. (из Кайзера).

где последняя имеет максимальное значение, первая имеет наименьшую величину.

Все перечисленные элементы земного магнетизма не представляют для данной точки чего-либо постоянного, но испытывают суточные и годовые изменения, а также изменения более длительных периодов. Так, изогона О, совпадающая с географическим меридианом, в 1492 году проходила через Азорские острова (Ферро), в 1673 г.—через Берлин, в 1885 г.—через Петроград и затем сместилась еще далее к востоку. В настоящее время во всей почти Европе, за исключением вос-

точной части Европейской России, склонение западное, в Азии же—восточное.

Местами магнитные изолинии обнаруживают резкие уклонения от их обычного расположения, сгущаются, искривляются и претерпевают другие деформации; эти уклонения и известны под именем магнитных аномалий. В огромном большинстве случаев при внимательном изучении вопроса удается доказать, что причиной этих аномалий служит то или иное геологическое явление, та или иная особенность в строении земной коры и в расположении слагающих ее горных пород.

С наибольшей ясностью проявляется это в тех случаях, когда или непосредственно на поверхности земли, или на небольшой глубине под нею располагаются залежи магнитного железняка или магнетита (Fe_3O_4), который сильно действует на магнитную стрелку. В таких местах изогоны и другие изолинии образуют около залежей замкнутые кривые; весьма демонстративные примеры этого мы увидим в дальнейшем, при изучении магнитных карт криворожского железнорудного района. Однако не одни скопления магнитного железняка действуют на магнитную стрелку и вызывают магнитные аномалии, а также и многие горные породы. Магнитное действие последних находится в тесной связи с количеством содержащегося в породе железа главным образом в форме магнетита. В соответствии с этим осадочные породы, в которых железо присутствует главным образом в виде немагнитных бурого железняка, сидерита и глауконита, оказывают на магнитные силовые линии земли наименьшее действие, тогда как некоторые метаморфические и, в особенности, изверженные нередко вызывают более или менее резкие магнитные аномалии. Наибольшим содержанием железа и магнитного железняка, в частности, отличаются так называемые основные изверженные породы, к которым относятся базальты, габбро, диабазы и др.; поэтому выходы или подземные, не видные с поверхности массивы этих пород вызывают гораздо большие деформации магнитных изолиний, нежели массивы пород средних (сиениты, трахиты и проч.) или кислых (граниты). В специальной геологической и геофизической литературе описано множество весьма поучительных примеров связи магнитных аномалий с распространением изверженных пород.

Рис. 3. Карточка Гарца с линиями магнитной и гравитационной аномалий пунктиром обозначено распространение гранитов (из Кайзера).

Между прочим, следует отметить, что искривления изогон и других магнитных изолиний весьма часто бывают связаны с горными массивами; такая связь станет нам понятной, если мы вспомним, что в горных местностях, как, например, у нас на Урале или в Закавказье, имеется особенно большое число выходов изверженных пород. Чтобы сделать сказанное более ясным, мы остановимся на классическом примере древнего горного массива Гарца, в Германии. Здесь, как это видно на рисунке 3, к югу от гранитных массивов Брокена и Рамберга проходит линия, к которой и с севера и с юга отклоняется стрелка (на рисунке—„Magnetische Kammlinie“); в результате этого получается характерное искривление изогон. Если мы обратимся к геологическому разрезу, проведенному через Гарц (рис. 4), то явление это станет легко понятным. К югу от Брокена мы на этом разрезе видим мощные пласты одной из основных изверженных пород, именно диабаза. Очевидно, здесь магнитная аномалия целиком обусловлена геологическим строе-

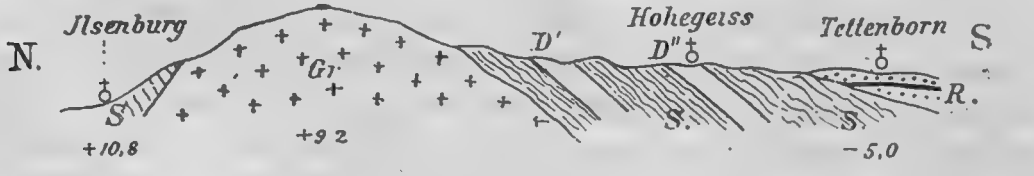


Рис. 4. Геологический разрез через Гарц от Ильзенбурга до южного края гор. *Gr*—гранит, *D'*, *D''* — диабаз, *S* — сланцы (из Кайзера).

нием местности. Представим себе теперь, что к какому-нибудь слою свиты геологических образований приурочены породы, способные действовать на магнитную стрелку, и что вся свита образует в некотором горном хребте складки; примером может служить свита пород, слагающих у нас Тиманский кряж, где среди девонских отложений имеются покровы диабазов и порфиритов. В антиклинальных складках эти диабазы и порфириты могут или совсем выходить на поверхность, или, во всяком случае, приближаться к ней, в синклинальных же они будут опускаться на большую глубину. Очевидно, при этих условиях мы можем ожидать встретить в антиклиналях более или менее резкие отклонения изогон и, исходя из этого, можем применить магнитометрические исследования с целью уяснения расположения слоев в горах, или, говоря иначе, тектоники последних.

Весьма ясные аномалии наблюдаются далее, при известных условиях, в тех местах, где происходит внезапная смена одних пород другими благодаря сбросам. Если порода, имеющая малое содержание железа, сразу обрывается и по сбросовой трещине соприкасается с породой, богатой последним, то на границе их, т.-е. на сбросе, изогоны, изодинамы и проч. должны претерпеть более или менее резкие смещения. Как пример, можно указать сброс на р. Гудзоне, в Северной Америке, где триасовые песчаники с подчиненными им мощными пластами диабазов соприкасаются с гнейсами. На рис. 5 мы видим, что как изоклины (сплошные линии), так и изогоны (пунктирные линии) на месте сброса претерпевают резкие изгибы.

Существуют магнитные аномалии, причины которых до сих пор еще остаются совершенно неясными. Классическим примером таких аномалий являлась до сих пор Курская, упоминание о которой можно найти даже в элементарных учебниках, не говоря уже о специальных руководствах по геологии и геофизике. Ниже мы увидим, что и это явление получает простое объяснение в особенностях строения земной коры.

С магнитными аномалиями нередко бывают также связаны аномалии силы тяжести, выражающиеся или в уклонениях величины ускорения силы тяжести (g) от нормального для данной местности значения, или в изменениях его направления, определяемого положением отвеса. Причины этих аномалий иногда очень легко понять. Магнитные железные руды, а

также основные изверженные горные породы, способные вызывать магнитные аномалии, имеют в то же время высокий удельный вес и, находясь среди пород меньшей плотности, должны своим притяжением отклонять к себе отвес или увеличивать ускорение. В дальнейшем мы увидим примеры сказанного, теперь же упомянем только об аномалиях тяжести в Гарце (рис. 3). Параллельно линии магнитного гребня здесь, как видно на рисунке, проходит

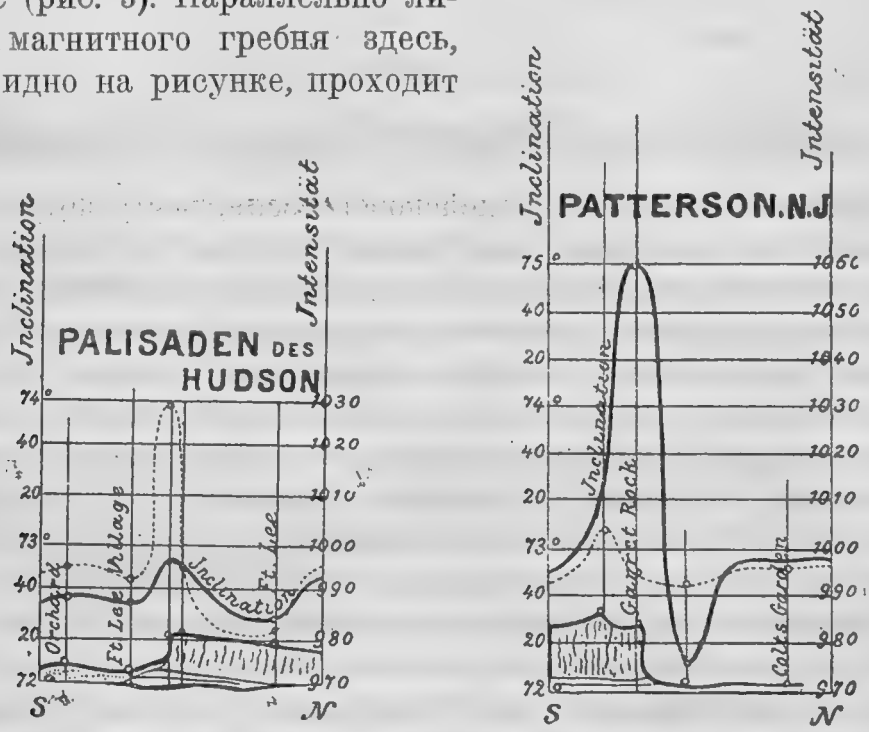


Рис. 5. Магнитные аномалии у сброса на р. Гудзоне. (из Кайзера).

линия (Linie ohne Lothabweichung), по которой отвес имеет нормальное положение; как к югу, так и к северу отсюда замечаются уклонения отвеса в сторону этой осевой линии аномалии. Из геологического разреза (рис. 4), под которым в соответственных пунктах указаны величины отклонения в секундах к югу (+) или к северу (—) от его нормального положения, легко уяснить причину всего явления. Диабазы здесь являются породами с наибольшим удельным весом и соответственно с этим притягивают к себе отвес.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА РУССКОЙ РАВНИНЫ.

Огромная равнина Европейской России, часть которой составляет интересующий нас район Курской губернии, сложена почти исключительно нормальными, неизмененными осадочными, морскими и континентальными, отложениями палеозойской, мезозойской и кайнозойской эры. Лишь в области, прилегающей к Балтийскому морю и Ледовитому океану, с одной стороны (Балтийский щит), и в части южной России, на Волыни, Подолии, в Киевской, Херсонской и Екатеринославской губерниях (Азовско-Подольский горст), с другой, выходят древнейшие допалеозойские или докембрийские кристаллические породы, как изверженные—граниты, габбро, диабазы, базальты и др., так и метаморфические—гнейсы, кварциты и разнообразные кристаллические сланцы—слюдяные, хлоритовые, тальковые, филлиты и проч. Во всех остальных частях равнины Европейской России или Русской платформы, как мы будем называть ее согласно геологической терминологии, эти древнейшие породы скрыты под более или менее мощной толщей упомянутых осадочных образований; здесь под почвой на большую глубину мы встречаем только глины, пески, песчаники, известняки, доломиты и мергеля, которые образовались частью на дне морей, покрывавших некогда платформу, частью же, в моменты осушения последней, на поверхности суши.

В этих осадочных породах заведомо не могут встречаться рудные залежи, которые могли бы действовать на магнитную стрелку и изменять нормальное распределение силовых линий земного магнитного поля, т.-е. вызывать резкие магнитные аномалии. Почти всюду, где такие аномалии встречаются, причина их оказывается приуроченной, как мы знаем, к кри-

сталлическим породам, среди которых, между прочим, встречаются и более или менее мощные залежи магнитных железняков или магнетитов; к тем же кристаллическим породам, главным образом метаморфическим, приурочиваются в большинстве случаев и залежи другой важной железной руды, красного железняка, гематита (Fe_2O_3), которая магнитными свойствами не обладает. Встречая магнитные аномалии в пределах Русской платформы, мы поэтому, очевидно, должны искать их причины в более глубоких слоях земной коры, под покровом упомянутых выше осадочных образований, в том массиве докембрийских кристаллических пород, которые, подстилая отложения палеозойской эры, всюду составляют фундамент Русской платформы.

В отдаленном геологическом прошлом, перед началом кембрийского периода платформа состояла почти исключительно из кристаллических пород, которые всюду или залегали непосредственно под почвой, или же были отделены от последней небольшим, сравнительно, слоем продуктов выветривания. Европейскую Россию перед началом кембрийского периода мы должны представлять себе, как холмистую страну, по которой тянулись там и сям низкие хребты, составлявшие жалкие остатки полуразрушенных атмосферными агентами могучих горных цепей седой геологической древности.

При образовании этих цепей докембрийские породы, значительная часть которых представляла некогда нормальные осадочные образования, весьма сильно изменены были как в физическом (перекристаллизация), так и в химическом отношении или, как говорят, метаморфизованы; одновременно с этим их массы претерпели весьма разнообразные перемещения или дислокации. Горообразующие силы смяли эти породы в мощные, крутые, нередко опрокинутые и чрезвычайно сложные складки, разбили их трещинами, по которым отдельные глыбы переместились как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении, т.-е. претерпели сдвиги и сбросы. Колоссальное давление и высокая температура, которым подвергались породы при этих дислокациях, а также действие нагретых газов и растворов, проникавших в их толщу при внедрении огромных масс изверженных пород, изменили до неузнаваемости их первоначальный материал и превратили в те гнейсы и кристаллические сланцы, которые мы теперь наблюдаем.

Выяснить в подробностях характер и направление дислокаций докембрийских пород, несмотря на весь теоретический и практический интерес, который эти явления представляют, мы, к сожалению, не можем. Некоторые данные относительно этих нарушений и в особенности относительно простирания складчатых горных сооружений, как будет видно из дальнейшего, в настоящее время уже начинают накопляться.

В настоящий геологический момент кристаллические породы, составляющие основание Русской платформы, в различных частях последней залегают на весьма различной глубине. В пределах Балтийского и Азовско-Подольского горстов они лежат нередко непосредственно под почвой; в северных частях Курской и прилежащих частях Воронежской губернии глубина их залегания колеблется от нескольких десятков до 150—300 метров, а в Харьковской или Московской губерниях, а также в южном Поволжье, поверхность кристаллических пород опускается на много сотен метров ниже уровня моря.

Такое своеобразное расположение докембрийских пород объясняется тем, что сплошной некогда массив их был разбит в различные моменты геологической истории сбросовыми трещинами, по которым различные его участки опустились на весьма различную глубину. Образовавшиеся таким путем впадины заполнились постепенно в течение последующих геологических периодов морскими и континентальными осадками и очень мало отражаются на современном рельефе страны. Исходя из сказанного, мы можем подразделить тело Русской платформы на горсты и впадины, расположение которых показано на прилагаемой тектонической карте (рис. 6). В области горстов докембрийские породы или непосредственно выходят на поверхность, или отделяются от нее только небольшой толщей позднейших осадочных образований; в этом последнем случае мы будем называть их, по примеру Карпинского, подземными[1]). Наиболее важными и хорошо известными из горстов являются Балтийский щит и Азовско-Подольский кристаллический массив.

---

[1]) Подробности о строении горстов и впадин, а также историю развития Русской платформы в ее целом можно найти в моей работе: „Введение в изучение геологии Европейской России". Часть первая. Государств. Издательство. 1923.

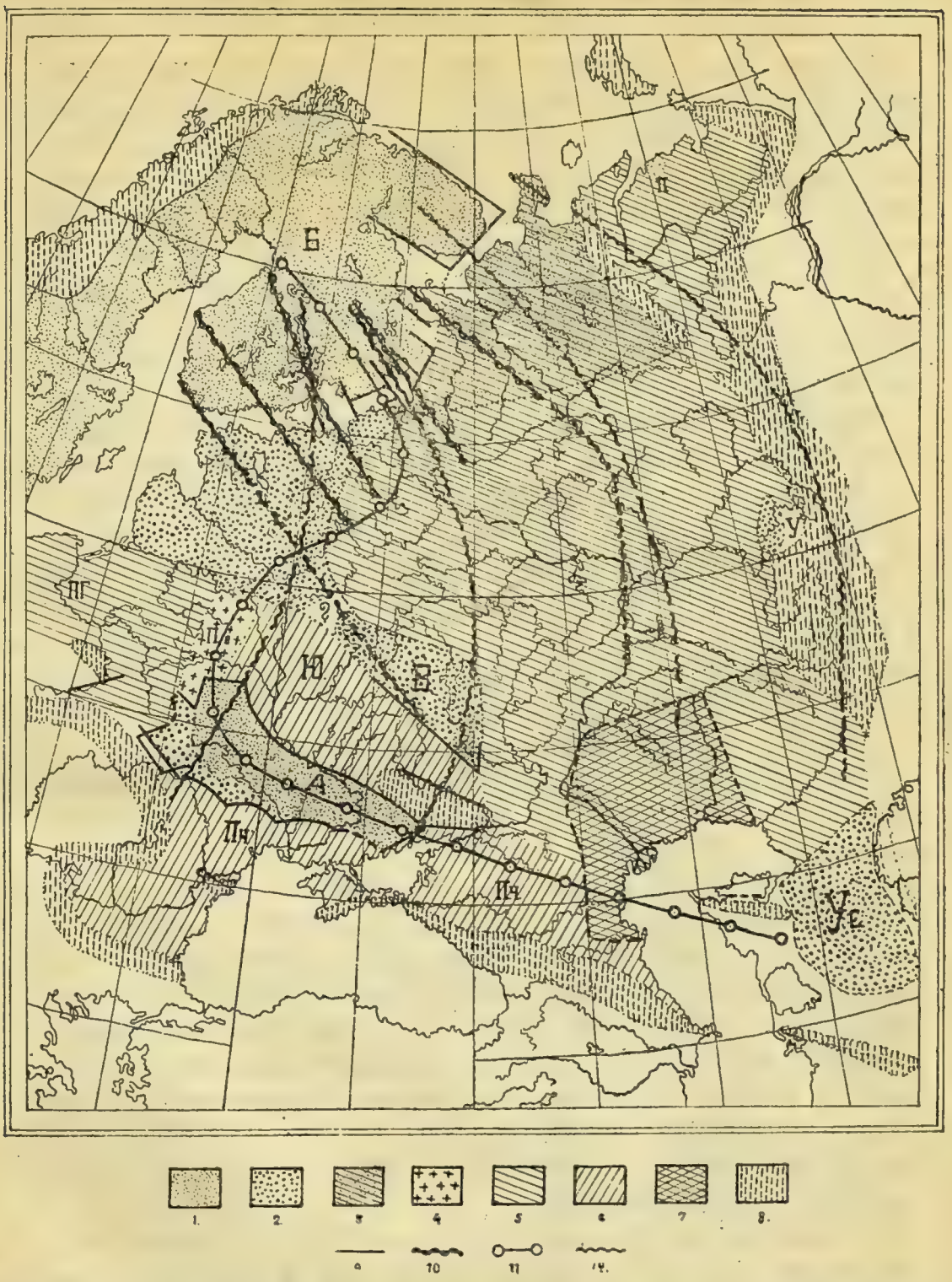


Рис. 6. Тектоническая карта Русской платформы. 1 — горсты, 2 — подземные горсты и южное продолжение Балтийского щита, 3 — воточное продолжение Балтийского щита, вошедшее после опускания в состав Восточно-русской впадины, 4 — Полесский вал, 5 и 6—впадины, кроме Прикаспийской, 7 — Прикаспийская впадина, 8 — складчатые горы, 9 — сбросы, 10 — линии простирания докембрийских пород, по Архангельскому, 11 — направление Скифской горной цепи, по Kuźniar, 12 — линии простирания докембрийских пород, по Карпинскому, *А*—Азовско-Подольский горст, *Б*—Балтийский щит, *В*—Воронежский подземный горст. *П*—горст Пыткова камня, *Пв.* Полесский вал, *Пч.* Причерноморская впадина, *У*—Уфимский горст, *Ус*—Устюртский горст.

Под именем Балтийского щита разумеют огромную глыбу изверженных и метаморфических докембрийских пород, расположенную по западной, северной и северо-восточной окраинам Балтийского моря. В пределах России, в Олонецком крае и на Кольском полуострове, лежит только небольшая восточная часть щита; средняя часть его занимает Финляндию, а западная лежит в Швеции, близ границы которой с Норвегией породы щита скрываются под надвинувшимися со стороны Атлантического океана покровами каледонской складчатой горной системы.

Крайние северные выходы докембрийских кристаллических пород, слагающих Азовско-Подольский горст, находятся на Волыни, в системе правых притоков Припяти — Горыни и Уборти; отсюда породы эти широкой полосой тянутся на юг, а затем на ЮВ и ВЮВ по водоразделу притоков Припяти, Днепра и Буга, доходя до параллели Ананьева. У Екатеринослава и Александровска архейские породы достигают меридионального отрезка Днепра и, перейдя через него, распространяются по северному побережью Азовского моря, в Бердянском и Мариупольском уездах, до нижнего течения р. Кальмиуса.

Останавливаться в подробностях на геологическом строении двух описанных горстов мы не будем. Отметим только, что по восточной своей окраине Балтийский щит обрублен, повидимому, целой системой сбросов, а по южной—породы, его слагающие, повидимому, постепенно, без сбросов, уходят все глубже и глубже под осадочные образования кембрийской, силурийской и девонской систем; сбросы здесь могут иметь место лишь значительно южнее видимой границы кристаллических пород. Азовско-Подольский горст, по Ласкареву, со всех сторон ограничен сбросовыми опусканиями. Относительно внутренней структуры обоих горстов, именно относительно простирания слагающих их пород, будет сказано несколько слов в дальнейшем.

В трехстах километрах к северо-востоку от гранито-гнейсовой площади побережья Азовского моря, у г. Павловска, на Дону, давно уже были известны небольшие выходы гранитов, значение которых долгое время оставалось неясным. За последние годы обнаружилось, что павловские граниты составляют лишь часть обширного подземного выступа докембрийских пород, поверхность которых поднимается в различных пунктах

на 40—60—80 м. выше уровня моря. Выступ этот, который мы будем называть Воронежской глыбой или горстом, занимает под покровом отложений девонской, юрской и меловой системы северо-западную часть Курской и прилегающие части Воронежской губернии. Весьма вероятно, что подземный Воронежский горст на северо-западе соединяется в одну массу с подземным продолжением Балтийского щита. С южной стороны он, повидимому, оборван сбросами, связанными с образованием Южно-русской впадины; на север поверхность докембрийских пород, вероятно, постепенно уходит все глубже и глубже под девонские отложения, слагающие северную окраину Подмосковной котловины.

Другой крупный подземный горст, можно предполагать, существует между Каспийским морем с одной стороны и Аральским морем и Аму-дарьею с другой, под Устюртом и северными Каракумами. Существование в указанной области на некоторой глубине жесткой устойчивой массы кристаллических пород можно вывести из целого ряда геологических фактов. Останавливаться подробно на этом вопросе, не имеющем непосредственного отношения к нашей задаче, мы не станем. Интересующиеся найдут соответствующий материал в упомянутой уже выше моей работе.

Кроме уже рассмотренных нами крупнейших горстов, Карпинский[1]) предполагает существование подземных выступов докембрийских пород в области так назыв. Уфимского плато, в системе Уфы и Березани, в западных предгорьях Урала, а также в Холмском уезде Псковской и Игуменском уезде Минской губернии; наконец следует упомянуть, что горстовые выступы древних серицитовых сланцев имеются на Тимане и на Пытковом камне в Большеземельской тундре.

Горстам, как мы видели выше, можно противопоставить впадины, в которых поверхность докембрийских пород залегает на много сотен метров ниже уровня моря. Таких впадин в пределах Русской платформы имеется несколько.

Наиболее крупная и наиболее важная из впадин, которую мы будем называть в дальнейшем Восточно-русскою, занимает

[1]) А. П. Карпинский. Очерки геологического прошлого Европейской России. „Классики естествознания“. Изд. „Природа“. 1919. А. Карпинский. К тектонике Европейской России. Известия Академии Наук. 1919 (1920), стр. 573.

бо́льшую восточную часть Европейской России. Она ограничивается с востока Уралом, Мугоджарами, т. н. Чушкакульским кряжем и, наконец, Устюртом; с запада впадина ограничена Балтийским щитом с его подземным продолжением в бассейнах Пейпуса, Волхова, Ловати и Западной Двины и затем Воронежской глыбой. Вследствие того, что западная граница Восточно-русской впадины образует, таким образом, широкую дугу, вся почти центральная Россия оказывается лежащей в пределах впадины; эту часть последней называют обычно Подмосковной котловиной. Южную границу впадины мы проводим от восточной окраины Донецкого кряжа по водоразделу рек Сала и Маныча на южный конец Ергенинской возвышенности и далее к востоку на Мангышлак. Такое представление оправдывается тем, что по указанной линии некогда располагался, судя по целому ряду геологических фактов, горный кряж, связывавший Донецкий кряж с возвышенностями Кара-тау на Мангышлаке; впоследствии это звено Донецко-Мангышлакского кряжа опустилось и теперь скрыто под более молодыми осадочными образованиями.

Восточно-русская впадина отнюдь не является однородным геологическим целым. Здесь, прежде всего, приходится выделять часть, лежащую к северу от линии, которая соединяет южную оконечность Онежского озера с южной оконечностью Тимана. Изучая историю этого участка Восточно-русской впадины, можно видеть, что в нижнем палеозое он составлял одно целое с Балтийским щитом, образуя вместе с ним единую Балтийско-Беломорскую кристаллическую массу, и только позднее откололся от него. Докембрийские породы должны залегать здесь на меньшей глубине, нежели в более древних частях впадины.

Второй участок, который можно выделить в Восточно-русской впадине, примыкает к северному побережью Каспийского моря. С запада он ограничен резким уступом Ергеней и правого берега Волги, с севера—Общим Сыртом, а с востока—краем мелового массива юга Уральской области. Эта Прикаспийская впадина, как мы будем называть ее в дальнейшем, представляет область недавних опусканий. Кристаллический фундамент в ее пределах лежит на особенно большой глубине.

Если рассматривать Восточно-русскую впадину, как одно целое, отвлекаясь от намеченных сейчас подразделений и не

принимая во внимание вторичных изгибов слоев, называемых мною валами, то ее можно охарактеризовать, как огромную и чрезвычайно пологую синклинальную складку или ванну. В схеме впадина построена так, что по западной и восточной окраине ее выходят на поверхность девонские породы; с приближением к осевой линии они уходят вниз, последовательно сменяясь каменноугольными, пермскими, мезозойскими и, наконец, на юге, третичными образованиями.

Мы не имеем точных указаний на то, до какой глубины опустились докембрийские образования в средних частях Восточно-русской впадины, но имеются все основания думать, что глубина эта весьма значительна. Во всяком случае под Москвою нижняя поверхность каменноугольных отложений, поднятая по западной и южной окраине Подмосковной котловины метров на 200 выше уровня моря, опускается уже до 180 м. ниже уровня последнего; в Ярославле она залегчает, вероятно, еще на 300—400 м. глубже. Если мы вспомним, что под каменноугольными отложениями должны залегать еще мощные толщи девонских и силурийских осадков, то станет весьма вероятным, что искомая глубина превышает 1.000 м. [1])

Время образования средних и южных частей Восточно-русской впадины приходится считать весьма отдаленным; в силурийский период они, по всей вероятности, уже существовали.

Вторая крупная впадина в докембрийском основании Русской платформы располагается между Воронежской глыбой на севере и Азовско-Подольским горстом и Донецким кряжем на юге; на северо-западе эта Южно-русская впадина или Южно-русская мульда замыкается так называемым Полесским валом девонских отложений, о котором мы говорить подробнее не будем.

Эпоху образования Южно-русской впадины мы относим к первой половине мезозойской эры—к триасовому или к началу юрского периода. С юга она ясно ограничена сбросами; такие же сбросы существуют, без сомнения, и на севере, но положение их трудно установить из-за мощного покрова мезозойских отложений. Мы предполагали [2]), что северная полоса сбро-

[1] В конце книжки мы еще вернемся к этому вопросу.

[2]) А. Архангельский. К вопросу о геологическом строении местности в области курской магнитной аномалии. Государст. Издат. Москва. 1922.

сов проходит по близости от северной полосы курских магнитных аномалий, но не исключена возможность, что главные нарушения проходят в недрах южных частей Курской и Воронежской губерний, через Богучарский и Белгородский уезды.

Впадина выполнена синклинально изогнутыми слоями палеогеновых, меловых и юрских отложений, под которыми в южных частях ее залегают, по всей вероятности, континентальные палеозойские образования [1]). По северной окраине впадины юрские отложения переходят, быть может, прямо на докембрийские породы Воронежской глыбы, а еще далее, в северной половине Курской губ., мы встречаем под ними морские девонские отложения. Последние образуют уже южную окраину Подмосковной котловины и имеют падение на север, к центру последней.

На какой глубине залегают докембрийские породы по осевой полосе Южно-русской впадины, которая проходит с ЗСЗ на ВЮВ через Бахмач и Харьков, мы не знаем. Нижняя поверхность мела в Харькове залегает почти на 500 м. ниже уровня моря; мощность лежащих ниже мезозойских пород, вероятно, не менее 200 м.

К югу от Азовско-Подольского горста и Донецкого кряжа, почти параллельно Южно-русской, протягивается еще одна длинная и узкая впадина, которую мы называем Причерноморской. Восточнее Азовского моря она продолжается параллельно Кавказу до Каспийского моря; в Азии ее продолжением служит Туркменская впадина, расположенная между Устюртом и высокими северными Каракумами, на севере, и горной системой Балханов и Копет-дага,—на юге. С поверхности и на большую глубину рассматриваемые впадины выполнены третичными отложениями; ниже должна залегать еще колоссальная толща мезозойских и палеозойских образований.

Таковы в самых общих чертах главнейшие выступы и впадины в кристаллическом основании Русской платформы, которые в основе своей, как мы уже говорили, возникли, благодаря сбро-

[1]) К ним принадлежат, по всей вероятности, красные глины, песчаники и аркозы, встреченные под юрой некоторыми буровыми скважинами в Киевской губ. В части впадины, прилежащей к северной окраине Донецкого кряжа, ниже мезозойских отложений должны, конечно, находиться опустившиеся части палеозойской свиты Донецкого бассейна.

сам, расколовшим некогда сплошную массу докембрийских пород на ряд передвигавшихся независимо одна от другой глыб.

Нам предстоит теперь выяснить, что мы знаем относительно расположения пород в этом докембрийском фундаменте, именно относительно направления или простирания тех складок, в которые они сложены. Выяснение тектоники сложных складчатых сооружений составляет одну из наиболее трудных проблем геологии, даже в тех случаях, когда мы имеем дело с легко доступными, молодыми горными системами Альпийского типа. Для гор древних, сглаженных процессами денудации, к которым принадлежит, например, Урал или докембрийские горы Балтийского щита, задача эта во многих отношениях становится совершенно неразрешимой. Что касается до остатков древнейших докембрийских горных систем, скрытых от непосредственного наблюдения покровом позднейших осадочных отложений, то относительно их расположения геолог с его обычными методами исследования может строить только догадки; от проверки этих предположений ему или совсем приходится отказаться, или же искать для этого совершенно новых методов. При таких условиях у нас, очевидно, могут существовать более или менее прочные знания лишь о тектонике тех выступов докембрийских пород, которые доходят до дневной поверхности.

Однако и здесь в значительной мере разъяснена только тектоника Балтийского щита, рассмотрение которой не может входить в нашу задачу. Отметим только, что преобладающее простирание пород в восточных частях щита на пространстве между Белым морем и выходами гранитных масс в юго-западной Финляндии направлено с северо-запада (ССЗ) на юго-восток (ЮЮВ). В этом направлении по щиту протягивались в отдаленнейшем геологическом прошлом мощные горные хребты.

Тектоника Азовско-Подольского горста и по настоящее время остается еще весьма мало выясненной. Длинный ряд геологов, работавших в его пределах, признает существование здесь и северо-восточной и северо-западной складчатости; иногда складки принимают почти меридиональное направление. Это меридиональное простирание свойственно, между прочим, наиболее молодым из имеющихся в пределах горста пород, которые слагают Криворожский железнорудный район; подроб-

нее об этих породах придется говорить в дальнейшем. Ласкарев [1]) в своей интересной работе о тектонике южно-русской кристаллической площади говорит следующее: „Наиболее достоверным является лишь взгляд, что южно-русская площадь представляет чрезвычайно древние остовные горы, срезанные позднейшей денудацией местами до основания наиболее глубоко внедрявшихся складок. Преобладание СЗ простирания последних выступает явственно особенно в правобережной (по отношению к Днепру) части, в то время как СЗ складки левобережной части обнаруживают в более северных широтах склонность изгибаться в сторону СВ".

Постановка вопроса о связи складок Балтийского и Азовско-Подольского горстов, т.-е. о направлении складок в докембрийском фундаменте всей Русской платформы принадлежит Карпинскому [2]) Названный ученый, которому русская наука столь многим обязана в познании геологии русской равнины, принимал, что основным, древнейшим направлением складчатости в области Азовско-Подольского горста является северо-восточное; северо-западные нарушения возникли, по его представлениям, значительно позднее, в связи с образованием Донецкого кряжа. На одной из опубликованных им тектонических карт Карпинский связывает предположительно простирания пород Балтийского и Южно-русского горстов, принимая, что складки первого под осадочными породами Русской платформы образуют весьма пологие, выпуклые к востоку дуги и на юге принимают северо-восточное направление. На приведенной нами выше тектонической карте, между прочим, указаны и эти намечаемые Карпинским линии простирания.

В самое последнее время вопроса о направлении складок в докембрийском фундаменте Русской платформы коснулся Kuźniar [3]), говоря о происхождении так называемого Полесского вала девонских пород, который, как мы видели выше, замыкает Южно-русскую впадину с северо-запада. По мнению названного геолога, в докембрийское время существовала

---

[1]) В. Ласкарев. Заметки по вопросу о тектонике южно-русской кристаллической площади. Известия Геологического Комитета. Т. XXIV. 1905.

[2]) Смотреть цитированный выше (стр. 20) сборник статей Карпинского.

[3]) C. Kuźniar. Les Ouralides de l'Europe Septentrionale et Centrale. Sprawozdania Polskiego Institutu Geologicznego. 1922.

„Скифская" горная цепь, начинавшаяся на севере, в Финляндии и включавшая в себя также и область Азовско-Подольского горста. В пределах Балтийского щита цепь эта имела северо-западное направление и тянулась от северной оконечности Ботнического залива к промежутку, разделяющему в настоящее время Онежское озеро от Ладожского. Южнее Скифская горная система поворачивала на запад к Вышнему Волочку в Тверской губ. и доходила в этом направлении до р. Ловати в Холмском уезде, Псковской губ. Здесь направление Скифид вновь изменялось: направляясь на юг, они доходили до области Азовско-Подольского горста и, следуя затем вдоль последнего, распространялись далеко на ВЮВ, в глубь Азии. Направление этого гипотетического Скифского горного хребта также нанесено на нашей тектонической карте. Мы видим на ней, что по представлениям Kuźniar, горные складки докембрийских пород под осадочными породами Русской платформы изгибаются на подобие перевернутой буквы S.

Воззрения Карпинского и Kuźniar являются чисто гипотетическими и в то же время противоречат друг другу. Таким образом никаких определенных данных по вопросу о тектонике докембрийского основания Русской платформы у нас не имеется. Между тем вопрос этот в связи с изучением причин курской магнитной аномалии приобретает не только глубокий теоретический, но и живой практический интерес. Ведь если, как это теперь доказано, аномалия вызывается существованием в докембрийских породах рудных залежей, то для уяснения расположения последних мы в первую очередь должны знать тектонику вмещающих их пород и, прежде всего — направление или простирание образуемых этими породами складок. Выйти из круга чистых предположений и придать вопросу большую определенность можно только изменив самую методику его исследования.

До сих пор при решении вопроса о направлении складок в докембрийском фундаменте платформы исходили из чисто геологических данных, в одних случаях соединяя наиболее простыми линиями чрезвычайно далеко отстоящие друг от друга тектонические элементы (Карпинский), в других же, довольно произвольно связывая сравнительно недавние нарушения напластования осадочных пород с движениями в области скрытых под ними сглаженных докембрийских горных

цепей (Kuźniar). Гораздо рациональнее представляется использовать для этой цели геофизические данные, именно результаты работ по изучению напряжения силы тяжести в пределах Русской платформы и наиболее значительных магнитных аномалий, для которых можно считать доказанной их связь с геологическим строением докембрийского фундамента.

Для того, чтобы сделать более понятным дальнейший ход рассуждений, мы должны несколько подробнее, нежели это сделано во введении, остановиться на так называемых аномалиях силы тяжести. Под именем аномалии силы тяжести или гравитационных аномалий разумеют, как мы уже знаем, прежде всего, уклонения наблюдаемых в природе величин ускорения силы тяжести (g) от вычисленных, при известных допущениях, нормальных теоретически величин этого ускорения. Чтобы сделать результаты наблюдений в различных пунктах сравнимыми между собою, их приводят различными способами к одному уровню, за который принимают уровень моря. Мы будем говорить здесь о так называемой аномалии Буге, при вычислении которой вся масса пород, залегающих между точкой наблюдения и уровнем моря, мысленно удаляется, и, таким образом, их влияние на напряжение силы тяжести исключается. Полученная путем соответственных вычислений величина g_0'' зависит в своих значениях от характера масс, залегающих ниже поверхности геоида или уровня моря. В пунктах, где на глубине залегают более тяжелые, более плотные массы, она, очевидно, должна быть больше, нежели там, где массы обладают меньшей плотностью. Если мы вычтем из полученного значения g_0'', то значение ускорения силы тяжести, которое должно теоретически иметь место в данном пункте на уровне моря при условии удаления лежащих выше этого уровня горных пород (γ_0), то получим аномалию Буге

$$\Delta g = g_0'' - \gamma_0.$$

Наблюдаемые значения аномалии Буге имеют то положительное, то отрицательное значение; в первом случае говорят об избытке, а во втором—о дефекте массы под пунктом наблюдения. Положительные аномалии Буге проще всего объясняются предположением, что в пунктах, где они имеются, тяжелые массы, образующие более глубокие части земной коры, ближе подходят к поверхности земли, нежели это требуется

теорией, и замещают часть поверхностной более легкой коры; в пунктах с отрицательными аномалиями, наоборот, тяжелые массы залегают дальше от земной поверхности, нежели того требует теория, будучи оттеснены на глубину массами менее плотными. В молодых складчатых горных системах наблюдается довольно строгая зависимость между аномалиями Буге и геологическим строением. Если бы мы не знали, каково простирание Альп, Карпат или Кавказа, то его можно было бы легко установить, имея перед собой карту, на которой определенными условными обозначениями была бы изображена аномалия Буге. Для древних массивов, сложенных докембрийскими и палеозойскими породами, таких ясных соотношений пока не установлено, но они, очевидно, возможны.

Если нанести на карту значения аномалии Буге, поскольку они известны для области Русской платформы, то легко заметить, что отрицательные и положительные значения этой величины в пределах Балтийского щита располагаются полосами северо-западного направления[1]) (рис. 7). Принимая во внимание только что сказанное о соотношениях между аномалиями Буге и геологическим строением, мы можем сделать заключение, что направление полос выражает тектоническую структуру финляндско-олонецкой кристаллической массы. Предположение это получает высокую вероятность вследствие того, что направление аномальных полос почти совпадает с простиранием складок докембрийских пород в Финляндии и Олонецком крае. Замечательно, что полосы избытков и дефектов массы выходят из пределов финляндско-олонецкой кристаллической глыбы и совершенно ясно продолжаются на 300—400 и даже (Северная Двина) на 600 километров в область развития осадочных пород. Явление это имеет место как раз в тех областях, где, по предыдущему, докембрийские породы должны залегать на не особенно большой глубине: в бассейне озер Пейпуса и Ильменя, где проходит подземное продолжение Балтийского щита, а также по северо-западной окраине восточно-русской впадины. Исходя из этих фактов, мы можем сделать весьма вероятное заключение, что в местностях, прилегающих к Балтийскому щиту, докембрийские породы под покровом осадоч-

[1]) Подробнее вопрос о соотношениях между аномалиями силы тяжести и геологическим строением Европейской России будет рассмотрен мною в особой статье.

Рис. 7.

ных образований дислоцированы в том же северо-западном направлении, что и на самом щите.

Те же самые северо-западные простирания, судя по последним исследованиям, господствуют и в области подземного Воронежскою горста. Ниже мы подробно остановимся на изучении этого вопроса, теперь же упомянем только о главнейших с интересующей нас сейчас точки зрения результатах

тех обширных геофизических работ, которые ведутся здесь уже в течение более 20 лет, но особенное развитие получили за последние годы, когда к ним присоединились и геологические исследования. Работами покойного Э. Е. Лейста и затем экспедиций, руководимых П. П. Лазаревым, установлено, что в районе Воронежской кристаллической глыбы, на земной поверхности имеются две полосы исключительно резких магнитных аномалий северо-западного направления. Буровыми работами, предпринятыми Комиссией для изучения курской магнитной аномалии, доказано, что аномалия эта связана с присутствием среди докембрийских образований толщ сильно дислоцированных магнетитовых кварцитов. Исходя из этого, мы можем смело принять, что направление осевой линии магнитных аномалий отвечает простиранию рудоносных пород, которое, очевидно, стоит в связи с общим направлением складок в западной половине Воронежской глыбы.

Таким образом всюду, где геофизические и отчасти геологические, как в Курской губ., данные позволяют нам судить о направлении горных складок в неглубоко залегающих частях докембрийского фундамента Русской платформы, направление это является северно-западным, отвечающим простиранию пород в Финляндско-Олонецком массиве.

Гораздо меньше, естественно, имеется данных для суждения о тектонике кристаллического фундамента в области впадин, где докембрийские породы залегают весьма глубоко под поверхностью почвы. Наиболее существенным указанием в этом отношении является направление магнитных аномалий и аномалий силы тяжести в Московской губернии, на которых мы остановимся подробнее в конце этой книжки. Здесь линии аномалии проходят с ЗЮЗ на ВСВ, т.-е. образуют большой угол с ранее рассмотренными. Быть может, расположение масс, вызывающих аномалию, обусловливается в данном случае не складчатыми, а поперечными сбросовыми дислокациями. Всматриваясь далее в приведенную выше карту аномалий Буге, мы видим, что в пределах Восточно-русской впадины аномалия эта имеет исключительно положительные значения; волны массы, которые характеризуют область Балтийского щита, здесь как бы исчезают. Внимательное изучение распределения пунктов с относительно низкими и относительно высокими значениями аномалии заставляет, однако, предполагать, что и

здесь существует известная правильность. В меридиональной полосе, идущей от Самары и Вольска на Волге через Алатырь, Симбирск, Нолинск и Великий Устюг, величина $\Delta g''$ превышает 20, поднимаясь местами до 51 (Симбирск); и к востоку и к западу отсюда значение аномалии убывает. Рассматриваемая полоса избытков массы служит как бы продолжением той полосы, которая тянется с СЗ на ЮВ по течению Северной Двины. Получается впечатление, что предполагаемый Карпинским плавный загиб докембрийских складок к югу в области Восточно-русской впадины действительно имеет место. Следует, однако, оговориться, что гравиметрических данных в рассматриваемой сейчас области имеется еще очень мало, и потому сказанное имеет значение только мало обоснованной догадки.

Рассматривая на предыдущих страницах вопрос о направлении складчатых и сбросовых дислокаций в кристаллическом фундаменте Русской платформы, мы не касались совершенно самих пород, слагающих этот фундамент. Едва ли может быть сомнение в том, что преобладающими породами здесь должны быть граниты и гнейсы, слагающие главную массу Балтийского и Азовско-Подольского горстов, но среди них могут встречаться более или менее значительные площади разнообразнейших изверженных пород и кристаллических сланцев. Фактический материал, и то чрезвычайно пока скудный, имеется у нас только из Курской губернии, и его мы коснемся в следующей главе.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ОБЛАСТИ КУРСКИХ МАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ.

Выяснивши на предыдущих страницах, что нам известно относительно строения всего докембрийского фундамента Европейской России, мы перейдем теперь к ближайшему изучению Воронежской кристаллической глыбы с характеризующими ее магнитными и гравитационными аномалиями.

До самого последнего времени в пределах Воронежского горста были известны только выходы гранитов в Павловском и Богучарском уездах, где породы эти прикрыты непосредственно меловыми образованиями. Возможность присутствия кристаллических пород на небольшой, сравнительно, глубине в Курской губернии начала выясняться только с началом работ покойного проф. Лейста.

Уже очень давно, с 1874 года, сделалось известным, что в Белгородском уезде Курской губ. имеются значительные магнитные аномалии. Исследования Пильчикова, Сергиевского и Муро показали, что аномалии эти не ограничиваются только одним Белгородским уездом, но распространяются и на соседние с ним местности и в некоторых пунктах достигают необычайной силы. С 1896 года в Курской губ. начал производить магнитометрические исследования Э. Е. Лейст, продолжавший их затем каждое лето вплоть до 1909 года. Сводка главнейших результатов этих работ появилась в печати лишь в 1921 г. после смерти Лейста[1]). Однако уже с 1897 года покойный ученый начал выступать с отдельными заметками и докладами в научных обществах о результатах своих ежегодных магнитометрических наблюдений; вместе с

[2]) Проф. Э. Е. Лейст. Курская магнитная аномалия. Государств. Издат. 1921. В книге указаны и предшествующие работы по изучению аномалии.

этим Лейст сразу же выдвинул и вопрос о причинах курской аномалии. По его мнению, причиной возмущения нормального земного магнитного поля могло явиться только присутствие на небольшой, сравнительно, глубине мощных залежей магнитного железняка, которые по своим размерам, как и самая аномалия, должны превосходить все доныне известные скопления этого минерала. Вполне естественно, что указаниями Лейста заинтересовалось Курское земство, и им были заложены для отыскания предполагаемых залежей руды две глубокие буровые скважины, в Кочетовке и Непхаеве, где, по вычислениям Лейста, рудные массы должны были находиться всего на глубине 183 м. Скважины эти были доведены, соответственно, до глубины 212 и 247 метров и обнаружили только меловые и юрские породы—мел, пески и глины. Идеи Лейста, таким образом, были скомпроментированы.

Отрицательное отношение к взглядам Лейста стало особенно сильным под влиянием отзывов Геологического Комитета, который поручил рассмотреть вопрос о возможных причинах аномалии двум из наиболее компетентных своих сочленов—Чернышеву и Никитину. Названные ученые пришли к совершенно правильному выводу, что магнитные железные руды могут быть в недрах Курской губернии приурочены только к породам докембрийского фундамента Русской платформы. Чернышев при этом особенно подчеркнул что магнитные аномалии могут вызываться, как это между прочим наблюдается на Урале, не только залежами магнетита, но и скрытыми на глубине массивами изверженных пород, как диабазы, базальты и проч. По вопросу о возможной глубине залегания кристаллических пород Геологический Комитет определенно не высказался, но считал, что она во всяком случае превышает называемые Лейстом величины[1]).

Значительно определеннее вопрос этот освещен был в статьях Никитина[2]), В. Соколова[3]) и отчасти Дитмара[4]),

[1]) Известия Геологического Комитета, т. XVI, 1897 г., стр. 49 и 77.

[2]) С. Никитин. Два глубоких бурения в связи с явлениями магнитных аномалий в Курской губернии. Там же. Т. XIX.

[3]) В. Соколов. Геологическое строение области Курской магнитной аномалии. Bulletin de la Société des Naturalistes de Moscou. 1898, № 2—3.

[4]) Н. Дитмар. Исследование бурением причин Курской магнитной аномалии. Труды I съезда деятелей по прикладной геологии и разведочному делу. СПБ. 1908.

появившихся после окончания неудачного бурения в Кочетовке и Непхаеве. Названные геологи показали, что мощность юрских пород, до которых достигла скважина в Непхаеве, может доходить до 300 м., и что под юрой должны залегать еще известняки девонской системы, мощность которых измеряется сотнями метров. Исходя из этого, Никитин, как и Соколов, категорически отрицает возможность встретить магнитные железняки или магнитные кристаллические породы в районе Кочетовки и Непхаева до глубины 450 метров, если считать от поверхности водоразделов; предполагая, что ниже юрских пород залегают девонские известняки, эту цифру можно, по крайней мере, удвоить. На многие же сотни метров глубины можно гарантировать отсутствие магнетитов или кристаллических пород и на севере Курской губернии, в Щигровском уезде. Подводя итоги сказанному, Никитин приходит к выводу, что вся сумма геологических фактов служит доказательством „полного отсутствия какой-либо связи магнитных аномалий не только с фантастическими месторождениями магнитных железняков, но и с изверженными породами, равно как с какими-либо крупными дислокационными процессами среди осадочных отложений рассматриваемого нами бассейна". „Магнитологам приходится,—говорит Никитин,—обратиться для объяснения магнитных аномалий, прежде всего, к обширному, но еще совершенно нетронутому полю исследований распределения земного электричества и условий, влияющих на распределение земных электрических токов в зависимости от различного состава и строения геологических напластований, относительной последовательности их залегания, распределения водоносных горизонтов, различия в состоянии механического напряжения местных пород в связи с кряжеобразовательными процессами, дислокационными явлениями и иными обстоятельствами, могущими иметь большее или меньшее влияние на электропроводимость. Несомненно, однакоже, что в этом деле магнитологу придется быть, прежде всего, самому геологом и итти в тесном общении с этой наукой".

Последнее замечание Никитина, несомненно, правильно. У Лейста не было геологических знаний, и он не мог ни проверить с точки зрения геологии свои собственные выводы, ни противопоставить возражения категорическим сужде-

ниям своих противников. При серьезном критическом отношении к статьям Никитина и Соколова легко было бы обнаружить, что их утверждения о мощном развитии в районе аномалий девонских отложений не имеют под собой никакого фактического обоснования; мы будем иметь возможность показать это несколько ниже. Если же допустить, что девонских пород в Непхаеве не имеется, и что юрские отложения могут налегать непосредственно на кристаллические породы, то легко себе представить возможность появления последних всего метров на 100 ниже того уровня, до которого доведена была скважина. Таким образом единственным правильным выводом из всего происшедшего было бы признать, что скважина не доведена до надлежащей, легко доступной технически глубины.

Всех этих возражений, однако, сделано не было, и авторитет Чернышева, Никитина и Мушкетова[1]) на целые двадцать лет похоронил вопрос о курских рудах и о глубине залегания кристаллических пород в Курской губернии. Вместе с этим статьи названных ученых превратили Курскую магнитную аномалию в явление или совершенно загадочное, или требующее для своего объяснения совершенно особых гипотез. В самом деле, в настоящее время об этих аномалиях упоминается не только в специальных работах, но и во всех лучших учебниках. Кайзер, автор пользующегося заслуженной мировой известностью учебника динамической геологии[2]), приходит к заключению, что, кроме аномалий, имеющих тесную связь с геологическим строением, существуют и такие, которые, повидимому, не имеют ничего общего с геологическими явлениями; к числу таких магнитных аномалий, зависящих от причин нам неизвестных, принадлежит, прежде всего, Курская. С другой стороны, в только что вышедшем прекрасном коллективном руководстве немецких ученых[3]) Кёнигсбергер высказывает предположение, что существуют магнитные аномалии, которые вызываются уже не ма-

[1]) И. Мушкетов. Физическая геология. Том I. Изд. второе. 1899. Стр. 64.

[2]) E. Kayser. Lehrbuch der Geologie. 1. Bd. Allgemeine Geologie. Stuttgart. 1921.

[3]) Grundzüge der Geologie. Mit Unterstützung zahlreicher Mitarbeiter herausgegeben von W. Salomon. Stuttgart. 1922.

гнетизмом тех или иных горных пород или тектоническими нарушениями, а действием расплавленных силикатовых масс, дающих начало изверженным горным породам (магмы). Существуют аномалии, говорит он, которые объясняются „действием залегающих в глубине эруптивных магм, которые по тектоническим трещинам или трубкам поднялись несколько выше нормального уровня, но залегают еще на много километров ниже поверхности и непосредственно не могут быть обнаружены. К последней категории принадлежат крупные нарушения близ Курска, где глубокое бурение обнаружило только нормальные осадки, и Москвы".

Несмотря на неудачный исход бурения, Лейст не прекратил после 1900 года своих работ по магнитометрической съемке Курской губ., а также отнюдь не оставил мысли о связи имеющихся здесь аномалий с залежами железных руд, которые могут находиться на доступной для эксплоатации глубине. Полная обработка полевых наблюдений была закончена Лейстом уже во время войны. В 1918 г. им была передана Лазареву рукопись, содержащая сводку этих наблюдений, которая, как уже указано, была напечатана в 1921 г, Отсутствие карт и таблиц наблюдений, а также отсутствие в имеющемся тексте указаний на географические координаты упоминаемых пунктов, лишает нас, к величайшему сожалению, возможности использовать работу Лейста для каких-либо практических целей. Тем не менее работа эта представляет глубокий интерес, так как покойному ученому удалось, повидимому, разобраться во всех важнейших сторонах проблемы. Главнейшие результаты исследований Лейста, поскольку они освещаются рассматриваемой книгой, сводятся к следующему:

„На карте изогон,—говорит Лейст,—выделяются две области особенно сильных аномалий склонения, из которых одна северная, имеет направление от северо-запада на юго-восток и другая, южная, идет в общем по тому же направлению, параллельно первой. Северная область начинается в Дмитровском уезде Орловской губернии, проходит через Фатежский, Курский, Щигровский, Тимский и Старо-Оскольский уезды Курской губернии и распространяется до Нижнедевицкого уезда Воронежской губ. Южная область аномалии склонения распространяется главным образом в Обоянском, Белгород-

ском, Корочанском и Ново-Оскольском уездах Курской губ. и доходит до юго-западной части Воронежской губернии и северо-восточной части Харьковской губернии, с общим направлением, как и первая, от северо-запада на юго-восток. Обе аномальные области, вероятно, распространяются и дальше: с одной стороны—на северо-запад и с другой — на юго-восток, на что указывают довольно большие значения западного и восточного склонения, в особенности в юго-восточных концах.

„Длина северной области, насколько она мною исследована, приблизительно 250 километров, при чем ширина этой области местами доходит до 40 километров. Южная область изучена мною также на протяжении 250 километров; она в северо-западной части так же, как и северная, уже и слабее, чем в центральной и юго-восточной частях, где ширина местами доходит до 50 километров. Обе аномальные области вместе имеют длину около 500 километров; между ними располагается свободная от больших аномалий область шириною около 60 километров, при чем ширина в северо-западной части больше, чем в юго-восточной.

„Обе области аномалий представляют собою беспрерывный ряд гнездообразных участков вытянутой по общему направлению области формы, при чем везде попарно замечаются участки с большим западным склонением и участки с большим восточным".

Ту же картину двух полос наиболее сильной аномалии показывают и карты других элементов земного магнетизма—наклонения, горизонтальной (H), и вертикальной (Z) составляющей магнитной силы.

Сравнительное изучение северной и южной полосы показывает, что изменения значений всех упомянутых величин в северной полосе совершаются на гораздо более близких расстояниях, чем в южной, почему линии, соединяющие одинаковые значения их, на севере бывают более сближены, чем на юге; другими словами, градиенты на севере больше, чем на юге. Значительно большие значения имеют в северной полосе также и абсолютные величины напряжения магнитного поля. Мы приведем здесь несколько величин для H и Z, указанных Лейстом.

Горизонтальная составляющая.

Южная полоса.

Maxima.	*Minima.*	*Разность.*
0,5643 *Г*	0,0000 *Г*	0,5643 *Г*
0,5525	0,0888	0,4637
0,4632	0,1396	0,3236
0,4412	0,0667	0,3745
0,4243	0,0883	0,3360

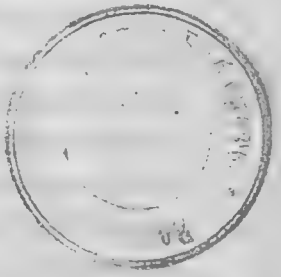
Северная полоса.

Maxima.	*Minima.*	*Разность.*
0,9649 *Г*	0,1107 *Г*	0,8542 *Г*
0,9623	0,1983	0,7640
0,9232	0,1432	0,7800
0,9207	0,1396	0,7811
0,9207	0,1808	0,7399

Вертикальная составляющая.

Южная полоса.

Maxima.	*Minima.*
1,3632 *Г*	0,3866 *Г*
1,0763	0,3912
1,0131	0,3923
0,9675	0,3980
0,9429	0,4000
0,9344	0,4019
0,8888	0,4034
0,8180	0,4082
0,7917	0,4100
0,7852	0,4126



Северная полоса.

Maxima.	*Minima.*
1,9135 *Г*	0,3480 *Г*
1,8804	0,3671
1,8607	0,3725
1,5829	0,3768
1,5483	0,3830
1,4745	0,3853
1,2254	0,3881
1,1994	0,3895
1,1685	0,3949
1,1563	0,3952

Из этих цифр вытекает, между прочим, что вертикальная составляющая в северной аномальной полосе почти в три раза превышает полную силу на магнитном полюсе земного шара.

При своих исследованиях Лейст не ограничился изучением одного земного магнетизма. Исходя из известных фактов о тесной связи между некоторыми магнитными аномалиями и аномалиями силы тяжести, он обратился и к изучению последних. Не имея возможности пользоваться для этой цели маятниками, Лейст остановился на сравнительном изучении показаний ртутного барометра и анероида. При этом предполагалось, что „если магнитная аномалия обусловливается более плотными горными породами, тогда в местах максимальной вертикальной слагающей геомагнетизма ртутный барометр показывает меньше, чем анероиды или гипсотермометры, а в свободных от аномалии местах больше". Несмотря на несовершенства этого метода, Лейсту все же удалось обнаружить, что в одном из магнитных максимумов северной полосы, где Z=1,8607 Γ, напряжение силы тяжести больше, нежели к северу и к югу от этого максимума; разность составляет 0,023%. „Отсюда видно, говорит Лейст, что здесь магнитная аномалия обусловливается очень плотными подземными массами в большом количестве. Если плотность этих масс в два раза больше плотности местных горных пород, тогда их мощность должна быть около 400 метров".

Наконец, можно упомянуть, что Лейстом производилось еще изучение электрических и радиоактивных явлений; при этом, как сообщает Чирвинский, удалось установить, что „на гребнях магнитных аномалий наблюдаются электрические явления и повышенная радиоактивность".

Исходя изо всех изложенных фактов, Лейст несмотря на все сделанные ему возражения и упреки, сохранил непоколебимую уверенность в справедливости своих первоначальных воззрений на характер причин, вызывающих аномалию. Земные электрические токи, по его мнению, отнюдь не могут объяснить курских магнитных аномалий. Для того, чтобы получить ту картину, которая наблюдается в Курской губернии, пришлось бы придумать чрезвычайно сложную систему постоянных токов, каких заведомо в природе не существует. Совершенно неудовлетворительны оказываются также и ссылки на магнетизм горных пород и дислокации. „Если вспомним, какие

пределы магнитных элементов и какие градиенты наблюдаются в Курской губернии, в Кривом Роге и в Лапландии, и сравним их с теми искривлениями, изгибами и петлями изогон, которые наблюдаются в связи с магнетизмом горных пород вблизи горных цепей или геологических дислокаций, тогда станет ясным, что последние нельзя смешивать с первыми". Таким образом единственной мыслимой причиной аномалии являются залежи магнитных железных руд, именно магнетита. Сравнивая полученные им карты с картой аномалий, вызываемых огромными залежами магнетита в месторождении Кирунаваара в Лапландии, Лейст приходит к заключению, что карты эти весьма похожи одна на другую.

„Магнитная карта вертикальной слагающей показывает все те особенности, которые встречаются на карте Z—изодинам Курской аномалии. В Kürunа такой же магнитный хребет разделяется на отдельные гнездообразные и вытянутые по общему направлению хребта участки с большой вертикальной слагающей с положительным знаком, а отрицательные значения очень малы, как по величине, так и по распространению... По расчету Carlheim—Gyllenskold'a количество руды в Kürunа 1.372.000.000 тонн, а по Lundbohm'у—758.000.000 тонн. Принимая во внимание, что залежи Kürunа имеют длину не более 10 километров, а в Курской губернии оба хребта около 500 километров, а максимум Z=1,4782 Γ (?), то-есть больше, чем в Kürunа, надо полагать, что курские залежи несравненно богаче железа, ными рудами с высоким содержанием металлического железчем лапландские". Последняя фраза показывает, что Лейст задавался даже вопросом о возможных запасах руд в недрах Курской губернии и шел при этом тем же самым путем, который недавно принял инж. Кисельников. К вопросу этому нам придется вернуться ниже.

Оставалось найти рациональное объяснение одной характерной черты курских магнитных аномалий, именно, объяснить, почему максимумы разделены здесь один от другого участками с меньшим напряжением аномалии, почему они имеют гнездовой характер. Объяснение, данное Лейстом, было очень оригинально и имело чрезвычайно большое влияние на физиков, занимавшихся этим впоследствии. „Вся курская магнитная аномалия,—говорит он,—состоит из двух подземных магнитных горных хребтов, северного и южного, имеющих общее напра-

вление от северо-запада на юго-восток. Как все горные цепи, высота гребня не везде одинакова, отчего получается то большая, то меньшая глубина подземных центров магнитного действия и соответственно этому более или менее сильная аномалия в виде гнездообразных изогон".

Отметим, наконец, что в разбираемой работе Л е й с т касается также и вопроса о возможной глубине залегания магнитных масс, возбуждающих аномалию. Для одного из участков в северной полосе аномалий он получил различными способами довольно сходные результаты; минимальное расстояние верхнего северного (?) магнитного полюса колеблется, в зависимости от способа вычислений, между 178 и 248 м. Для Кочетовки глубина верхнего полюса в 1918 г. определена значительно больше, нежели в 1897, именно в 660 м. „Это,—говорит Л е й с т,—средняя глубина верхнего, северного полюса, а средняя глубина верхних слоев магнитных масс будет несколько меньше. В стальных магнитах расстояние между северным и южным полюсами приблизительно равно $^5/_6$ длины магнита; в железнорудных массах, по определениям шведских специалистов, это расстояние увеличивается до $^9/_{10}$. Если мощность магнитных масс—400 метров, тогда глубина верхних слоев по станциям № 4044 до № 4048 будет, приблизительно, от 158 до 200 метров. Южные полюсы должны быть на очень больших глубинах, на что указывает большое расстояние центров отрицательных Z от центров положительных, и очень малые величины—Z, относительно $+Z$".

В новую фазу вступил вопрос о курских магнитных аномалиях в 1919 г., когда была учреждена Комиссия по изучению Курской магнитной аномалии, работавшая первоначально при Академии Наук, затем при Горном Совете и, наконец, в окончательной своей форме, при Президиуме Высшего Совета Народного Хозяйства. Конечной задачей работ Комиссии было выяснение причин, вызывающих это удивительное явление с целью выяснения возможного экономического значения Курского района. Прежде всего предстояло, конечно, восстановить утраченные карты Л е й с т а, доведя при этом магнитометрическую съемку и сопровождающие ее гравиметрические работы до такой степени подробности и точности, которые позволили бы пользоваться картами для целей горной разведки. На основе этой съемки далее предстояло выбрать точки для заложения разведочных буровых скважин и произвести глубокое

бурение. Таким образом в конечном счете, Комиссия ставила себе те же задачи, которые преследовал и Лейст, но вся постановка работы, способы выполнения и объем ее были существенно иные. Как и указывал Никитин, правильный подход к вопросам и решение задачи в указанном объеме возможно было только при условии координации геофизических исследований с геологическими и тесной связи тех и других с техническими работами по глубокому бурению. В соответствии с этим, в окончательной своей форме Комиссия разбилась на магнитно-гравитационный отдел под руководством П. П. Лазарева, геологический—под руководством автора этой книжки и отдел глубокого бурения под начальством А. Я. Гиммельфарба. Три названных лица составляли руководящий орган Комиссии, ее президиум, работавший под председательством И. М. Губкина как председателя всей Комиссии.

Способы магнитометрической съемки Комиссией применялись иные, нежели Лейстом. Последний для определения склонения и горизонтальной составляющей магнитной силы применял магнитный теодолит, а для определения наклонения—инклинатор Довера, дающие огромную степень точности. Точности магнитных наблюдений у Лейста совершенно не отвечала точность определения географических координат пунктов наблюдения, которые устанавливались на глаз по старым, существенно неточным картам Генерального Штаба, в масштабе 3 версты в дюйме. Вполне очевидно, что это обстоятельство весьма сильно понижает ценность составленных Лейстом карт, и если бы даже они попали когда-нибудь в наше распоряжение, то их можно было бы использовать только для уяснения общей картины и для ориентировки; для практических мероприятий, для разведки или эксплоатации руд они заведомо не пригодны. Магнитная съемка Комиссии производилась значительно менее точными дефлекторами де Колонга, которые, однако, значительно превосходят по получаемым с помощью их результатам приборы Тиберга-Талена, применяемые обычно при изучении магнитных аномалий, вызываемых залежами магнетитов[1]). Меньшая точность магнитометрических

[1]) Сведения о геофизических работах Комиссии можно найти в следующих статьях Лазарева, которые мы в дальнейшем будем цитировать по номерам этого списка:

1. Отчет о работах Комиссии за 1919 год. Гос. Изд. 1920.

определений с избытком компенсировалась определением пунктов наблюдений не по карте, а обычными геодезическими способами. В дальнейшем было установлено, что большей точности от инструментов при полевых работах и не требуется, так как точность геодезических определений далеко отстает от точности абсолютных магнитных приборов. Другим отличием магнитной съемки Комиссии от съемки Лейста является гораздо более густая сеть наблюдений. В то время как последним на пространстве всей Курской губернии было определено 4.121 точка, Комиссией в пределах одной узкой полосы севера губернии, где до сих пор исключительно сосредоточены были работы, наблюдения произведены приблизительно в 9.000 пунктах. Аномалии силы тяжести изучались, с одной стороны, при помощи маятников Штюкрата (Михайлов), а с другой—при помощи вариометра Этвёша (Никифоров и Аксенов), и потому работы эти дают неизмеримо более ценные результаты, нежели весьма приблизительные определения Лейста.

В соответствии с поставленной ей практической задачей выяснения причин аномалии, Комиссия должна была сосредоточить свои работы в таких местах, где причины эти могут находиться на наименьшей глубине. Так как при этом решающими могли быть геологические данные, то на долю автора настоящей книжки выпала трудная задача переработать существующий геологический материал с целью выяснения области, в которой поверхность докембрийских кристаллических пород может ближе всего подходить к поверхности земли. Задача эта значительно облегчалась тем, что начиная с 1916 года главной темой моей личной работы было изучение общей геологической структуры Русской платформы, и в рассматриваемое время в процессе обработки находился центральный район ее (Подмосковная котловина),

---

2. Курская магнитная аномалия по работам Комиссии при Академии Наук. Успехи Физических Наук. Т. II, вып. 1.

3. L'anomalie magnétique dans le gouvernement de Koursk. Annexe aux procés verbaux de l'Académie des Sciences de Russie. 1921.

4. О Курской магнитной аномалии по исследованиям 1921 года. Успехи Физических Наук. Том III, вып. I.

5. L'anomalie magnétique terrestre et l'anomalie de gravité dans le gouvernement de Koursk. Доклады Академии Наук. 1923.

имеющий ближайшее отношение к району Курской магнитной аномалии.

Изучение пограничной области между Подмосковной котловиной и Южно-русской мульдой привело меня к заключению, что господствовавшие в литературе взгляды на геологическое строение этой области коренным образом расходятся с фактами[1]). Все предыдущие авторы, в том числе все, писавшие о причинах аномалий, принимали, что наклоненные на север слои девонских отложений, слагающие южную окраину Подмосковной котловины, в Орловской губернии антиклинально перегибаются (см. рис. 8), изменяют свой северный наклон на южный и, согласно перекрываясь мезозоем, уходят под

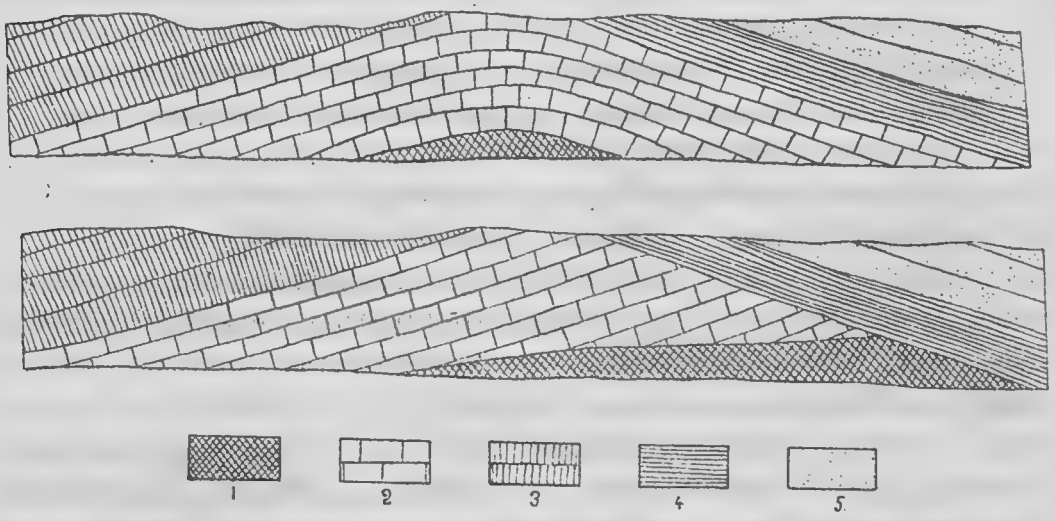


Рис. 8 и 9. Схема строения пограничной области между Подмосковной котловиной и Южно-русской впадиной а) по Никитину, Соколову и др. (верхняя схема) и б) по Архангельскому (нижняя) 1 — докембрийские породы, 2 — девонские, 3 — каменноугольные, 4 — юрские, 5 — меловые.

толщу юрских и меловых пород, выполняющих Южно-русскую впадину. На этом предположении и основаны были все изложенные выше соображения геологов относительно возможной глубины залегания кристаллических пород в Курской губернии. Ряд фактов, которые подробно изложены в только что цитированной статье о геологическом строении района курских аномалий, привели меня к убеждению, что по северной

[1]) А. Д. Архангельский. К вопросу о геологическом строении местности в области Курской магнитной аномалии и о возможных причинах последней. Государст. Издат. 1922. Москва.

окраине Южно-русской мульды девонские отложения покрываются юрскими несогласно. В то время как мезозойские отложения наклонены здесь на юг и постепенно утолщаются в этом направлении, девонские продолжают подниматься к югу, постепенно уменьшаясь в мощности. Вместе с ними по мере движения на юг все выше и выше должны подниматься подстилающие девон кристаллические породы фундамента Русской платформы, и в районе северной полосы аномалии поверхность этих пород должна залегать не глубже 0 или — 100 м. абсолютной высоты, т.-е. не глубже 250—400 м., считая от поверхности водоразделов. В районе Непхаева поверхность кристаллических пород располагается не менее как на 120 — 170 м. ниже уровня моря, при чем не исключена возможность, что девонские отложения здесь совершенно выклиниваются, и докембрийские образования покрываются непосредственно юрскими. На прилагаемых схематических рисунках (рис. 8 и 9) наглядно показаны различия во взглядах Никитина, Соколова и других, с одной стороны, и взглядах автора на соотношения пород в области Курской аномалии, с другой.

Вполне очевидно, что при таких геологических условиях работы необходимо было сосредоточивать в северных частях губернии, где вмещающие предполагаемые рудные массы кристаллические породы могли залегать на значительно меньшей глубине, нежели в южной. После производства магнитной съемки, когда выяснилось, что близ г. Щигры и селения Лозовки находится один из очень крупных магнитных максимумов, здесь была заложена буровая скважина, которая подтвердила, как мои предположения о положении кристаллических пород, так и выводы Лейста и Заборовского (см. ниже) относительно возможной глубины залегания магнитных масс. На этом примере с особенной яркостью выступает то огромное значение, которое имеет для решения всякого крупного практического вопроса возможно более глубокое и всестороннее изучение его теоретических основ. Можно было бы указать целый ряд примеров того, что многие важнейшие вопросы горной промышленности России или не выдвигаются вовсе, или же, случайно всплывая, не получают правильного разрешения только из-за отсутствия необходимых теоретических исследований. Совершенно правильные, строго обоснованные научно построения Лейста не привели

к открытию Курского рудного района потому, что этот ученый не только не встретил поддержки со стороны геологов и в особенности со стороны Геологического Комитета, а, наоборот, был почти осмеян ими (Никитин, Дитмар). Отрицательное же отношение геологических кругов явилось следствием недостаточно глубокой проработки имевшегося уже фактического материала. Огромную роль во всей истории Курской магнитной аномалии сыграла, конечно, и обычная косность, обычное недоверие ко всякой новой и смелой постановке большого вопроса; а, несомненно, постановка вопроса Лейстом была нова, смела и резко противоречила установившимся взглядам.

Точное положение упомянутой скважины определяется следующими цифрами:

широта 51° 50′ 4,9″
долгота (от Гринвича)—36° 52′
высота устья над уровнем моря 219,6 м.

До настоящего момента при бурении скважины пройдены следующие породы.

1. Почва и суглинок . . . . . 2,3 м.
2. Светло-серый слюдистый мергель . . . . . 4,7 м.
3. Белый мел . . . . . 20,5 м.
4. Песчаный мел и слой фосфорита . . . . . ок. 1 м.
5. Зеленовато-желтые слюдистые пески . . . . . 17 м.
6. Слой мелких фосфоритов
7. Темно-серые пески . . . . . 13,2 м.
8. Серые глины, пески и песчаники с желваками фосфорита . . . . . 27,7 м.
9. Серые, зеленоватые, коричневатые и красноватые известковые глины и мергеля с редкими прослоями глинистого песка. Встречаются Atrypa reticularis и Spirifer Verneuili. . . . . 29,9 м.
10. Глины и мергеля серого, зеленоватого, красного и коричневого цвета с теми же ископаемыми . . . . . 37,5 м.
11. Красноватый кварцит с пиритом и магнетитом . . . . 2,7 м.
12. Сероватые и зеленоватые глины и мергеля с упомянутыми уже девонскими ископаемыми . . . . . 5,2 м.
13. Магнетитовые кварциты; пройдено . . . . . 74,7 м

Слой 1 представляет послетретичные отложения, мергеля 2 относятся к сантонскому, а мел 3 к туронскому ярусу верхнего отдела меловой системы; песчанистый мел и фосфориты (слой 4) представляют широко развитый в пределах

Орловской, Курской и Воронежской губернии сеноман; к сеноману же и альбскому ярусу относятся и нижеследующие пески с прослоем фосфоритовых желваков (слои 5, 6, 7). Толща темных глин, песчаников и песков (слой 8) принадлежит к юрской системе, ниже же лежащие полосатые глины, мергеля и глинистые пески — девонской (слои 9, 10, 12). Неясным остается пока, что представляют из себя те красноватые кварциты, которые залегают в нижней части девонских пород. Возможно, что мы имеем в них дело с одной огромной глыбой, оторвавшейся от близлежащего массива докембрийских образований, но может быть, что кварциты эти представляют лишь пласт крупного галечника. Решить этот вопрос нельзя потому, что при проходке осадочных пород применялся ударный способ бурения, при котором образцы твердых пород получались в мелко раздробленном виде.

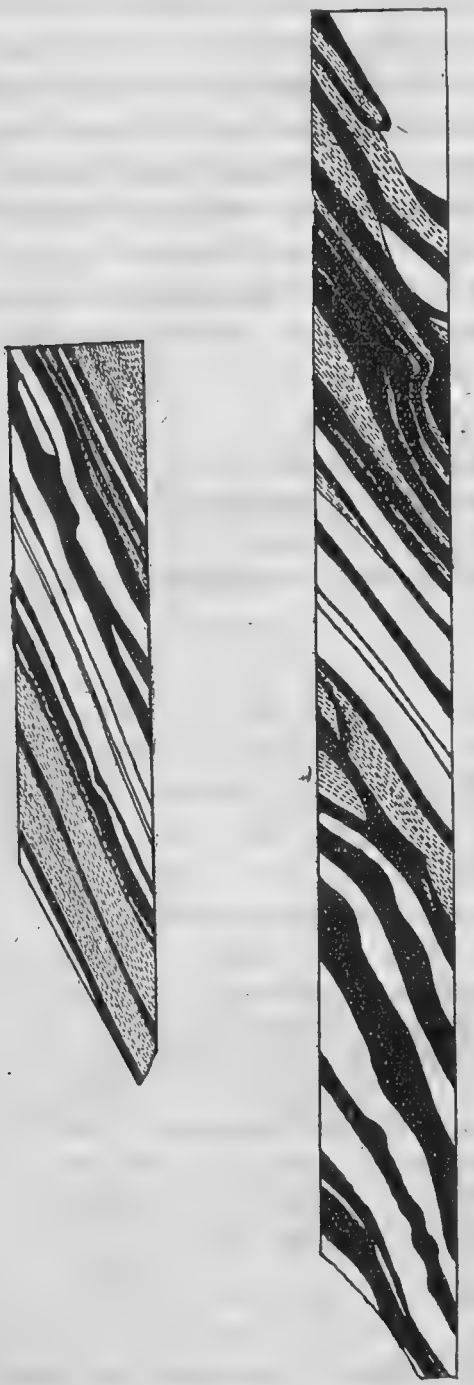


Рис. 10. Схематический разрез буровых колонок магнетитовых кварцитов; черное — магнетит, белое — кварц. $^2/_3$ натуральной величины.

Кварциты № 13, в которых и в настоящее время производится бурение, принадлежат уже несомненно к докембрийскому основанию Русской платформы. Мы остановимся на них несколько подробнее. С самой поверхности докембрийского массива, которая располагается на глубине 161,7 м., т.-е. на 58,6 м. выше уровня

моря, и до достигнутой в настоящее время глубины (234 м.) скважина проходит в толще круто, в среднем на 70° наклоненных кварцитово-магнетитовых сланцев, представляющих в общем перемежаемость тонких полосок светлого кварцита и черного магнетита, как показано на прилагаемых рисунках (рис. 10). Кварц содержит также отдельные микроскопические вкрапления магнитного железняка. Кроме кварца и магнетита, сланец содержит небольшое количество сидерита, актинолита, хлорита и слюды. Местами обособляются слои сантиметров по 5 — 7 толщиною, почти лишенные магнетита, местами же встречаются такие же прослойки почти сплошного рудного минерала. В средней части толщи пройден пласт кварцита, около метра мощностью, почти лишенный руды. Нередко на слоях кварца и магнетита замечается мелкая вторичная складчатость, и ясно видны сбросовые трещины. В некоторых участках буровых колонок вместе с магнетитом появляется в значительном количестве красный железняк, и кварц приобретает в таких случаях характерную розоватую окраску. Изредка встречаются крупные кристаллы пирита.

Химический анализ одного из наиболее темных и однородных рудных участков колонки дал следующие результаты (И. Д. Курбатов):

Влажность при 110°	0,28%
SiO_2	13,66
Al_2O_3	0,27
Fe_2O_3	58,89
FeO	26,33
CaO	0,23
	99,66

Следы *MgO*, S; качественно определен титан, находящийся в очень небольшом количестве. Удельный вес анализированного образца 4,5. Металлического железа в нем—61,69%.

Кроме того, произведен был химический анализ средней пробы из верхних 18 метров кварцитов, для чего из буровой колонки через каждый метр выбиты образцы около 8 см. длиною. Средний удельный вес оказался равным 3,7. Содержание металлического железа—40,8%.

SiO_2	41,77%
Fe_2O_3	39,74 „
Al_2O_3	0,39 „
FeO	16,74 „
CaO	0,51 „
	99,15 „

Мы должны теперь перейти к результатам магнитометрических и гравиметрических работ Комиссии, которые с 1919 по

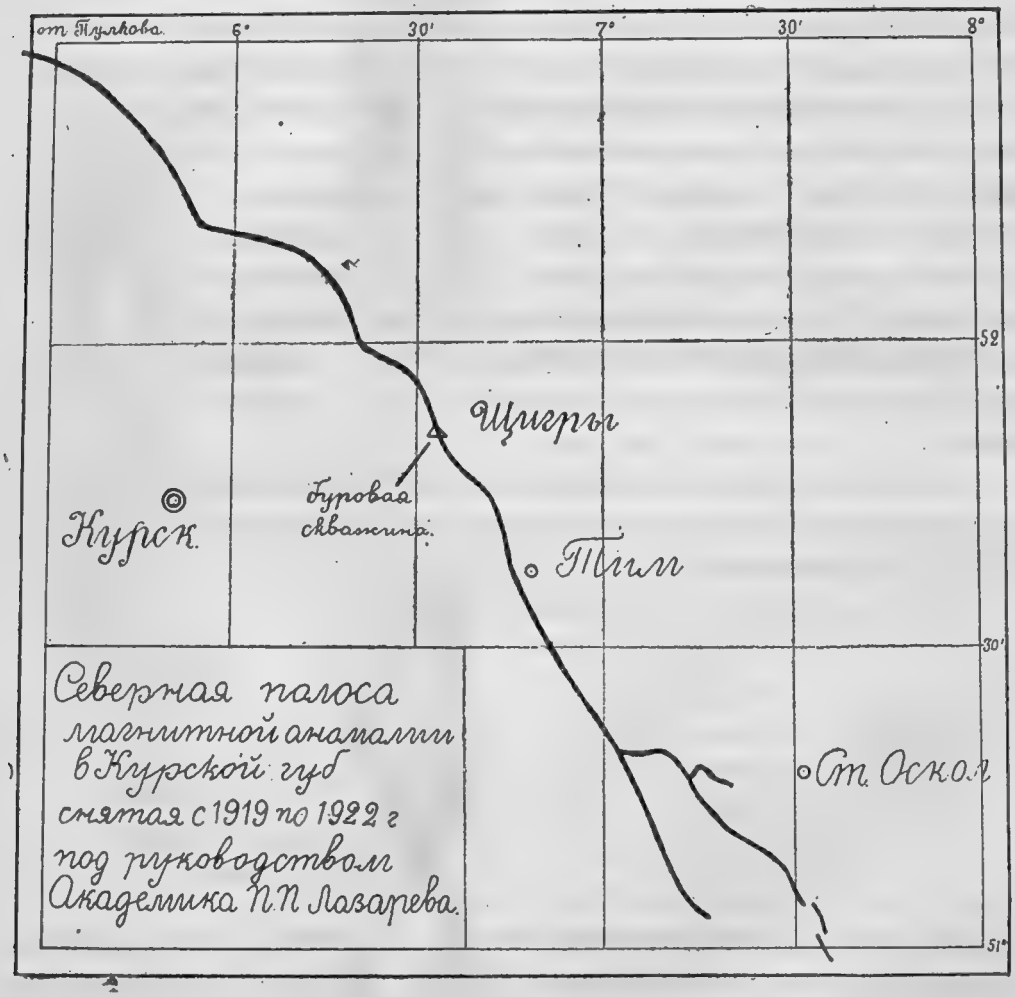


Рис. 11.

1922 год сосредоточены были, как уже указывалось, исключительно в северной из двух намеченных Лейстом полос наибольшего значения аномалии.

Работы эти, прежде всего, точно фиксировали положение северной аномальной полосы, относительно которого работы Лей-

ста давали только весьма неопределенные намеки. Из приводимой здесь карты, составленной магнитным отделом Комиссии (рис. 11), видно, что под именем северной полосы разумеется теперь очень узкая полоска, протягивающаяся через Фатежский, Курский, Щигровский, Тимский и Старооскольский уезды. В общем полоса эта образует с меридианом угол около 35°, но не представляет прямой линии, а состоит из ряда пологих дуг, обращенных выпуклостью на северо-восток. В южной части, в пределах Старооскольского уезда полоса распадается на несколько ветвей, изучение которых в настоящее время еще продолжается. Нет никакого сомнения, что из Старооскольского уезда аномалия переходит в Воронежскую губернию, но интенсивность ее здесь, как показывают отдельные рекогносцировки, становится незначительной; детальное изучение вопроса о затухании аномалии на северо-западе и юго-востоке представляет еще задачу будущего. Ширина рассматриваемой нами полосы, как уже сказано, весьма невелика и не превышает, по сообщениям Лазарева и по опубликованным им картам, 2—5 километров; расширение благодаря появлению добавочных ветвей и изолированных гнезд наблюдается только на крайнем юго-востоке. Это стоит в противоречии с указаниями Лейста, по словам которого, как мы видели выше, ширина северной полосы местами, именно в средней и юго-восточной частях ее, доходит до 40 километров. Если это указание не относится исключительно к области Старооскольского уезда, то мы вправе ожидать встретить вне пределов изученной сейчас Комиссией полосы еще добавочные гнезда или ветви, на подобие старооскольских.

Изученная Комиссией северная полоса, как это можно было догадываться по указаниям Лейста, не представляет собою однородного целого, и в ней выделяются два участка максимального напряжения, один из которых расположен в средней части полосы, около г. Щигры, а второй находится у юго-восточного конца ее, к юго-западу от г. Старого Оскола. Изучение щигровского максимума с магнитометрической точки зрения сейчас уже закончено, и по опубликованному материалу о нем можно составить вполне отчетливое представление. Для его характеристики мы приведем здесь карты магнитных элементов, заимствованные из статьи Лазарева напечатанной в 1922 г. (Лазарев, № 3). Мы видим на них

(рис. 12, 13, 14), что щигровский максимум представляет узкую, вытянутую по общему направлению полосу, которая в северо-восточной ее части, где расположена скважина, загибается несколько к северу. Для ближайшей характеристики всего явления мы воспользуемся словами Лазарева (№ 2, стр. 11).

„Общие закономерности в области аномалии можно охарактеризовать так. Линии с равным склонением D, изогоны, в области Курской губ. должны бы при отсутствии аномалии представлять линии, направляющиеся с севера на юг и отстоящие приблизительно на равных расстояниях. Аномалия, во-первых, сближает изогоны и, во-вторых, заставляет их изгибаться так, что в области аномалии изогоны тянутся с северо-запада на юго-восток. В ряде мест изогоны образуют замкнутые линии, заключая области с максимальным восточным или западным склонением. Линии равного наклонения J (изоклины) являются на земле линиями, тянущимися с востока на запад, и если бы магнетизм земли происходил от бесконечно малого магнита, заложенного в центре земли, то изоклины, являясь магнитными параллелями, должны были бы быть и линиями равного потенциала. В изученной области курской аномалии изоклины искривлены по отношению к нормальному ходу, местами сильно сближены, в общем дают ход с северо-запада на юго-восток и образуют местами замкнутые линии, ограничивая собою точки с максимальным (или минимальным) наклонением. Такой же аномальный характер носят и линии равного вертикального Z и горизонтального H напряжения поля. Эти линии, в случае бесконечно малого магнита совпадающие с изопотенциальными линиями на поверхности земли, резко искривляются и сближаются в районе аномалии, ограничивая местами участки с замкнутыми изодинамами горизонтальной и вертикальной составляющей".

Линию, по которой вертикальная составляющая Z имеет максимальные значения, Лазарев называет осевой линией аномалии. Очевидно, значение H на этой линии, в противоположность Z, минимальное; осевая линия подразделяет, кроме того, районы, в которых стрелка уклоняется на восток от своего нормального положения, от районов, в которых склонение имеет обратное направление.

Всматриваясь внимательно в изодинамы Z, мы можем заметить, что они к юго-западу от осевой линии расположены

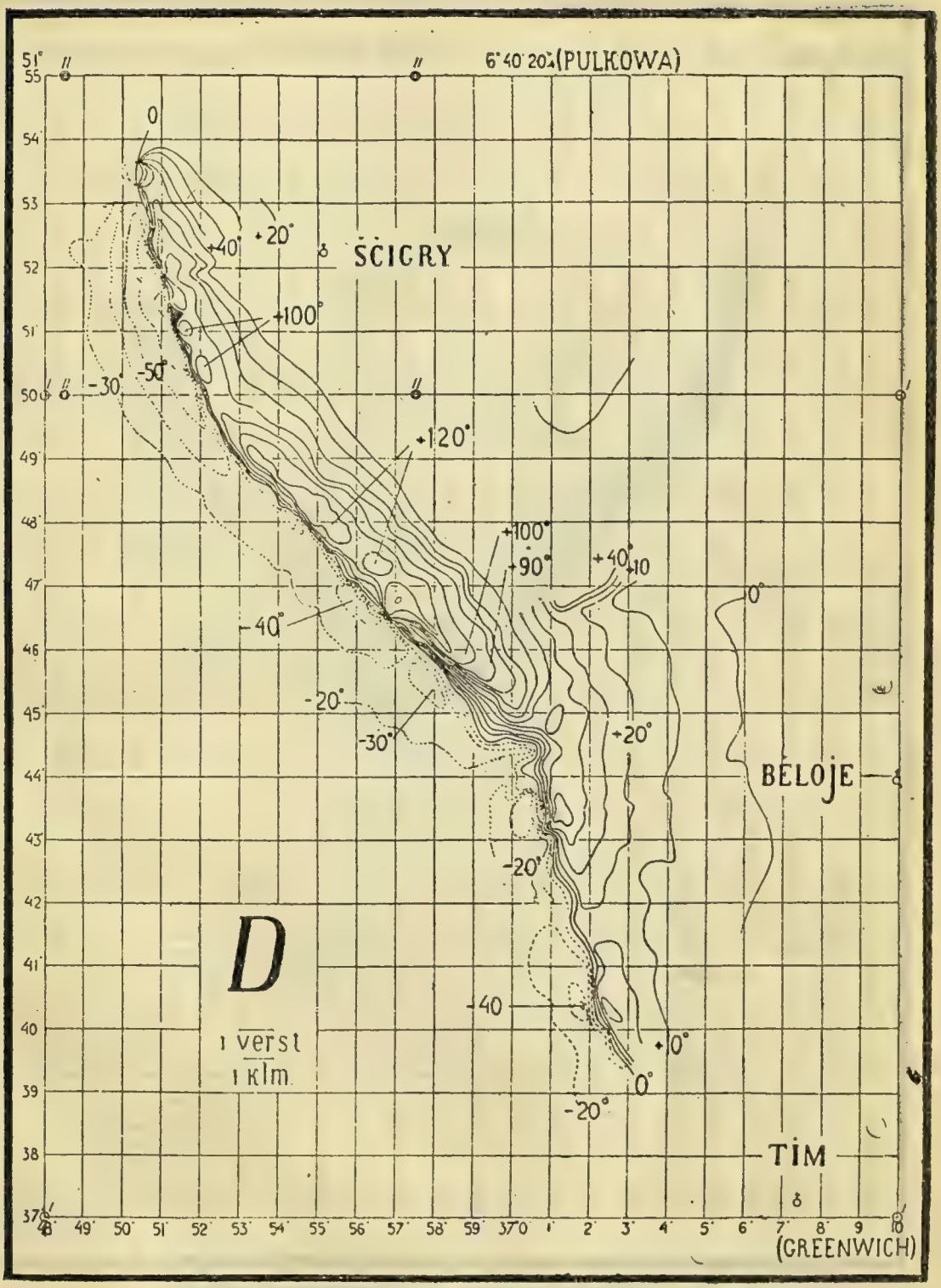


Рис. 12. Карта изогон Щигровского района.

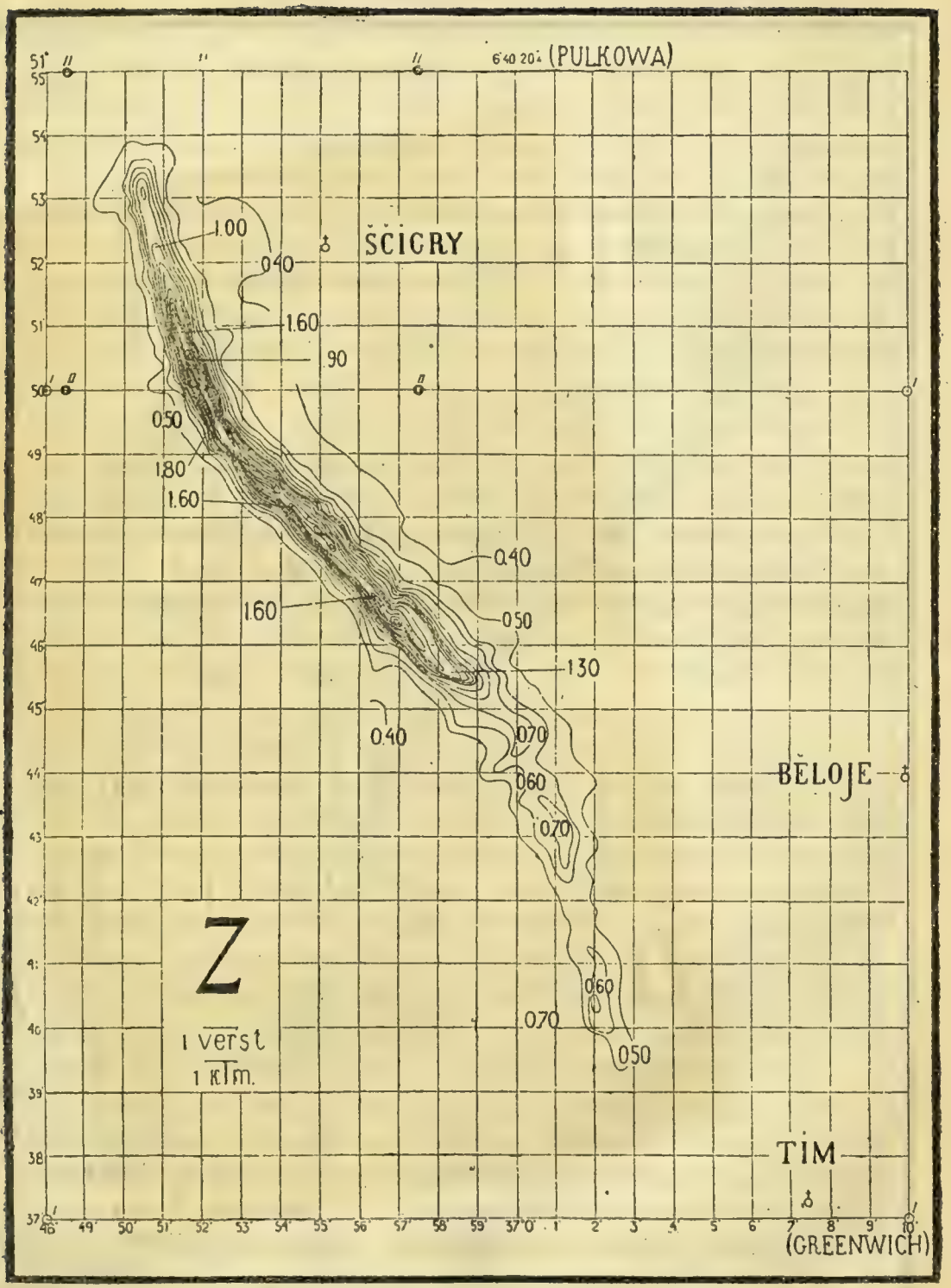


Рис. 13. Карта изодинам Z Щигровского района.

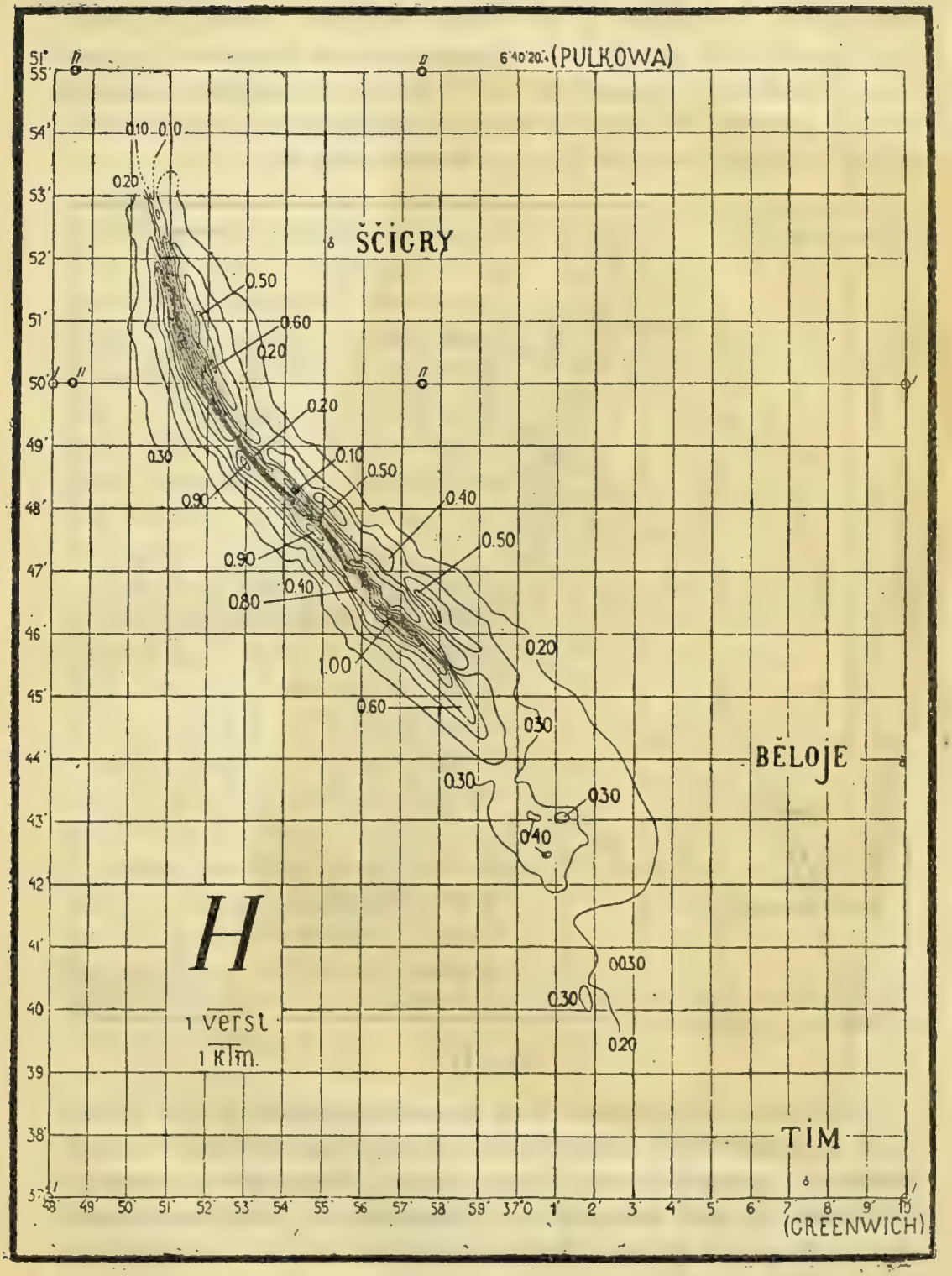


Рис. 14. Карта изодинам *H* Щигровского района.

более тесно, нежели к северо-востоку. Особенно ясно выступает это на следующем рисунке, где участок Щигровского максимума изображен в большем масштабе (рис. 15). Факт этот пригодится нам в дальнейшем при рассмотрении вопроса о расположении рудных масс. Не менее интересно также то обстоятельство, что аналогичная особенность наблюдается и в карте изодинам горизонтальной составляющей.

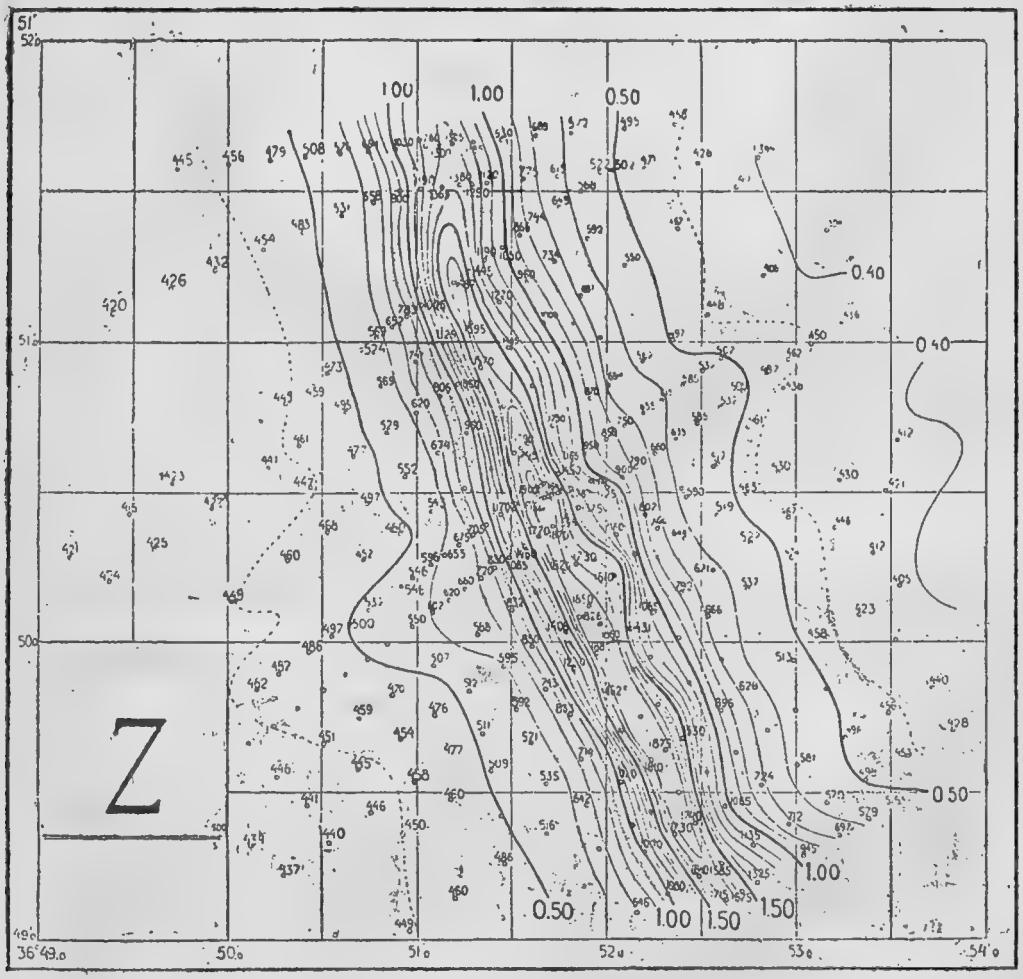


Рис. 15.

Изучение напряжения силы тяжести производилось Комиссией в области как Щигровского, так и Старооскольского максимума, при чем и там и здесь были обнаружены заметные аномалии. Ближе нам известен характер их, благодаря статье Никифорова [1]), для Щигровского максимума. С приближе-

[1]) P. Nikiforov. L'anomalie de la gravité dans la région de Koursk. Известия Физико-Математического института Академии Наук. т. I, в. 1. 1922.

нием к осевой линии аномальной полосы сила тяжести возрастает, при чем ход ее изменений можно выразить следующей кривой (рис. 16). Первые наблюдения Никифорова, на основании которых составлена эта кривая, производились на параллели описанной выше скважины, так что линия наблюдений образует с осевой линией аномалии угол в 60 или 120 градусов. Знаком *О* на рисунке обозначена точка, в которой расположена скважина; цифры 1, 2, 3 обозначают километры. Анализируя полученные путем гравиметрических наблюдений результаты, Никифоров приходит к следующим заключениям.

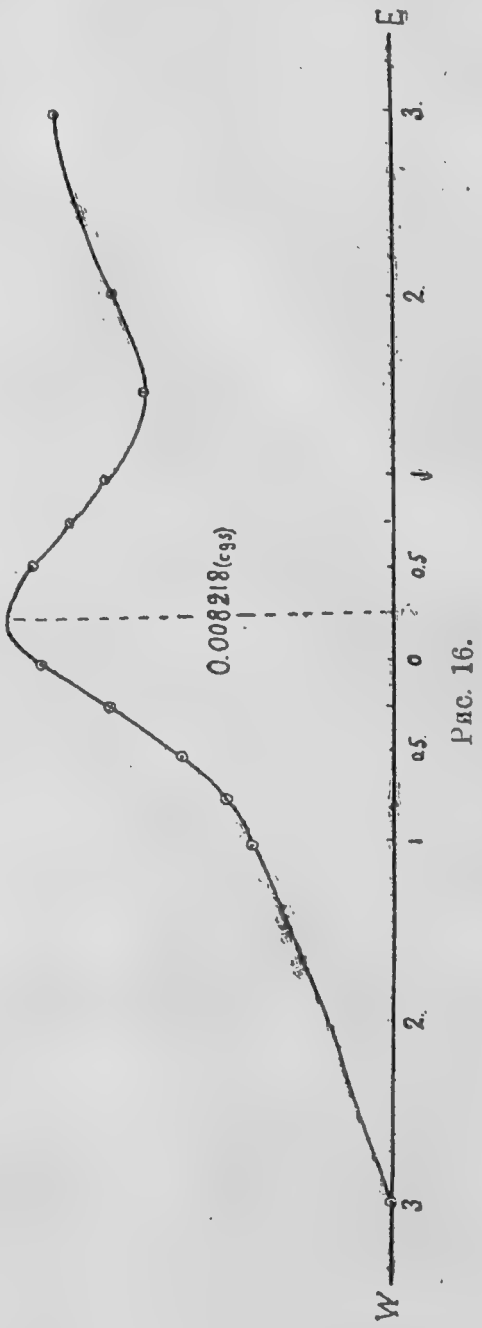


Рис. 16.

„Легко видеть,—говорит он,—что массы, служащие причиной аномалии, с запада ограничены очень крутым склоном и, начиная с расстояния + 200 (метров) к западу (от скважины), массы эти лежат на довольно трудно доступной глубине.

„Западная граница притягивающих масс, проходя под пунктом + 200 м., образует с меридианом угол в 31° в направлении на юго-восток. К востоку от этой границы поверхность притягивающих масс опускается полого, образуя ряд возвышенностей и понижений. Одна из таких возвышенностей, повидимому, существует к северо-западу от пункта + 1.000, другая—к юго-востоку от пункта + 2.000. Наоборот, под точкой + 1.500 следует ожидать глубокой впадины".

В 1922 г. П. М. Никифоровым были произведены наблюдения на второй параллели, расположенной на 1.500 м. южнее

первой. Согласно его личному сообщению результаты и здесь получились вполне аналогичные. Только здесь точка с максимальным значением g расположена значительно ближе к осевой линии аномалии (50 м. вместо 200 м.), и абсолютное значение Δg в 3 раза меньше, чем на первой параллели.

Работы Никифорова обнаружили тот интересный факт, что в Щигровском районе максимумы магнитной и гравитационной аномалии не совпадают друг с другом, и последний на параллели буровой скважины сдвинут на 200 м. к востоку от пункта максимального напряжения магнитной аномалии. Лазарев приходит, исходя из этих фактов, к заключению, что причины, вызывающие ту и другую аномалию, могут быть различны. В районе Старооскольского максимума такого расхождения не наблюдается, и там сила тяжести имеет максимальное значение как раз в пунктах максимального напряжения магнитного поля.

Отметим, наконец, что, по сообщению А. А. Михайлова, в области Щигровского максимума наблюдаются заметные отклонения отвеса от его нормального положения, при чем отклонения эти направлены с обеих сторон к осевой полосе аномалии или, точнее, к гравитационному максимуму. Факт этот дает еще одно подтверждение тому бесспорному выводу, что на некоторой глубине под поверхностью почвы располагаются массы, плотность которых значительно превышает плотность окружающих их пород.

Вопрос о природе масс, вызывающих аномалии, конечно, все время живейшим образом интересовал Комиссию, и в этом отношении в печати было высказано несколько предположений.

Автор этой книжки считал, что наиболее вероятной причиной является присутствие среди кристаллических пород, подстилающих нормальные осадочные образования, весьма основных изверженных пород, с которыми и связаны залежи магнитных тел, природа которых ближе не известна. Внедрение магм, давших начало этим породам, могло относиться еще к докембрийскому времени, но более вероятно, что оно связано было с образованием сбросовых трещин, давших начало Южно-русской впадине. Наиболее просто было бы считать за магнитное тело залежи магнетита, который мог или непосредственно выделиться из магмы, или же образоваться на контакте извер-

женных пород с породами их окружающими. Сделать этот простой вывод, который был уже в свое время сделан Чирвинским[1]), мешало то обстоятельство, что, по мнению Лазарева, магнитные железняки, даже при условии максимального их намагничивания, находясь на глубине около 200 м., не в состоянии вызвать столь резких магнитных аномалий, какие имеют место в Щигровском районе.

„Гравитационные и магнитные данные, по словам Лазарева, говорят за то, что тело, вызывающее аномалию, должно отличаться от магнитного железняка как по плотности, так и по магнитной проницаемости. Оно должно быть удельно тяжеле и иметь более сильные магнитные свойства. Является, таким образом, вопрос, не имеем ли мы здесь дело с проникание масс металлического железа, из которых должно состоять ядро земли через разрыв горных пород в более поверхностные слои. Такая гипотеза объясняет все явления, как магнитные, так и гравитационные, и не противоречит геологическим фактам, тщательно изученным А. Д. Архангельским“ (Лазарев, № 4). Гипотеза Лазарева, конечно, не может встретить поддержки со стороны геологов, так как, прежде всего, сбросовые трещины в силу пластичности более глубоких частей земной коры не могут ни при каких условиях проникать на глубину тех 1.200 или даже 2.900 километров, которыми отделено от поверхности земли ее железное ядро. Что касается до отношений магнетита к аномалии силы тяжести, то, по мнению А. А. Михайлова, существующие явления возможно объяснить, если плотность вызывающего аномалию тела на 2,5—3 единицы отличается от плотности включающих его пород. Принимая, что последними, по всей вероятности, как будет видно из дальнейшего, являются породы типа гранитов с плотностью около 2,6, мы видим, что для объяснения аномалии тяжести может быть достаточно присутствие среди них масс магнитного или красного железняка, удельный вес которых колеблется около 5.

В предыдущем мы видели, что бурение доказало присутствие в недрах Щигровского района магнитных железняков и что, таким образом, более вероятными оказались, повидимому,

[1]) П. Чирвинский. Геологическое строение правобережной полосы по р. Сейму в пределах Курской губернии. Записки Киевского Общества Естествоиспытателей. Т. XXIII. 1913.

взгляды Лейста. При оценке результатов бурения необходимо, однако, иметь в виду, что полученные пока при этом рудные массы, действительно, повидимому, не могут объяснить ни магнитной, ни гравитационной аномалии. Средний удельный вес их (3,7) далеко не достигает той величины, которая требуется, чтобы вызвать наблюдаемые изменения ускорения силы тяжести, а намагниченность слишком слаба, чтобы обусловить существующие огромные нарушения нормального земного магнитного поля. Таким образом действительная причина аномалий пока, повидимому, еще не достигнута; к вопросу этому мы вернемся еще в дальнейшем.

Попытки точнее определить магнитометрическим путем форму магнитных масс и их расположение к удовлетворительным результатам не приводят.

Наконец, мы должны отметить, что, исходя из данных магнитной съемки, А. И. Заборовским и В. А. Костицыным был сделан ряд попыток определить глубину залегания магнитных масс. Определения Заборовского для 11 точек, расположенных южнее буровой скважины, между 51°43′ и 51°44′ с. ш. и 37°0′ и 37°2′ в. д. (от Гринвича) дали цифры, колеблющиеся между 180 и 750 метрами. В пункте бурения Заборовский, исходя из наблюдений на различных высотах (на буровой вышке), получил от 300 до 440 м. „В. А. Костицыным выполнены работы, касающиеся положения и глубины магнитных масс при допущении, что мы имеем дело с намагниченным действием земного поля цилиндром из магнитного вещества, лежащим под землею параллельно поверхности. Такие предположения позволяют строго разрешить задачу, предполагая сечение цилиндра эллиптическим, с осью, поставленной под любым углом к горизонту, и позволяют показать, что для того, чтобы расположение изолиний и величины силы соответствовали тому, что мы имеем в природе, глубина залегания должна быть около 200—250 саженей“ [1]) (Лазарев, № 4).

Из сказанного видно, что все вычисления глубины тел, вызывающих аномалию, дали величины довольно сходные и

[1]) По личному сообщению В. А. Костицына, наиболее вероятной глубиной залегания магнитных тел является, по его вычислениям, глубина в 250 м., но они не исключают возможности появления этих масс еще с глубины 150 м.

довольно близкие к действительности, но все же цифры Заборовского и наиболее вероятная цифра Костицына приблизительно в два раза превышают глубину, установленную бурением.

Такова, в общих чертах, история изучения Курской магнитной аномалии, а вместе с тем и Воронежского подземного горста, и таковы факты, собранные при этом изучении. Нам остается теперь, основываясь на этих фактах и исходя из того, что мы вообще знаем о докембрийском фундаменте Русской платформы, попытаться сделать выводы.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

ВЕРОЯТНОЕ СТРОЕНИЕ КУРСКИХ ЖЕЛЕЗНОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ПРОБЛЕМЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИХ ИЗУЧЕНИЯ И ВОЗМОЖНОЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ КУРСКОГО РАЙОНА.

Вся совокупность геофизических данных приводит к неоспоримому заключению, что магнитные аномалии Курской губернии связаны с присутствием на небольшой сравнительно глубине тяжелых магнитных масс, которые в северной части губернии тянутся в недрах земли узкой полосою с северо-запада на юго-восток; благодаря бурению мы знаем теперь, что массы эти представляют залежи магнитного железняка. Этим, строго говоря, и ограничивается пока фактический материал, добытый работами Комиссии по изучению Курских магнитных аномалий относительно строения вновь открытого железнорудного района; далее начинается область более или менее вероятных гипотез.

Гипотезы, которые делают относительно залегания рудных тел геофизики, настолько схематичны и настолько далеки от природы, что ни в какой мере не могут удовлетворить геолога или горного инженера. С точки зрения последних не может, конечно, быть и речи о тех геометрически правильных формах рудных масс, к которым приходится прибегать при вычислениях физику или математику; совершенно невероятно также представление о подземном магнитном горном хребте с вершинами в области магнитных максимумов и долинами, понижениями в пунктах ослабления аномалии. Поэтому нам необходимо в согласии с добытыми фактами подыскать такие объяснения явлений, которые бы не противоречили нашим знаниям о структуре земной коры и о залегании рудных залежей.

Исходным пунктом для наших построений может служить петрографический характер и возраст рудоносных кварцитов. По залеганию ниже отложений девонского периода, по энергичной дислокации, которая в пределах Русской платформы имела место только в докембрийское время, и, наконец, по ярким следам метаморфических процессов, которые на нашей равнине испытали только докембрийские породы, рудоносные кварциты необходимо относить к докембрийским образованиям. Если это так, то мы должны обратиться к докембрийскому фундаменту Русской платформы, который был рассмотрен в первой главе, и попытаться в нем найти явления, которые более или менее близко напоминали бы интересующие нас. Так как район курских аномалий лежит гораздо ближе к Азовско-Подольскому и Воронежскому горстам, нежели к Балтийскому щиту, то, очевидно, мы прежде всего должны обратиться к двум первым из названных районов.

Почти вся масса Азовско-Подольского горста сложена, как известно, из гранитов и гнейсов, почему средняя плотность его должна быть близка к 2,6—2,7. Местами гранито-гнейсовый массив прорван основными изверженными породами типа габбро, норитов, диабазов, базальта и порфиритов; плотность наиболее тяжелых из них доходит до 2,8—3,3. Рудных залежей, которые бы были связаны с этими изверженными породами, нам не известно. Возможность нахождения где-нибудь в пределах докембрийского фундамента России железных руд, связанных по своему происхождению с изверженными породами, этим, конечно, отнюдь не исключается уже по одному тому, что грандиозные железорудные залежи Норвегии (Кирунаваара и др.) принадлежат именно к такому типу. То, что мы знаем пока относительно курских руд не позволяет, однако, причислить их к магматическим или контактным месторождениям.

Местами среди гранито-гнейсовых массивов сохранились остатки более молодых пород группы кристаллических сланцев, которые, быть может, некогда были распространены по всему югу России, но затем были уничтожены процессами денудации и абразии. Выходы кристаллических сланцев обычно представляют из себя наиболее глубокие нижние части синклинальных складок, чрезвычайно сильно сдавленных между гранито-гнейсовыми массами; в одних случаях мы имеем дело

с ничтожными остатками рассматриваемых пород, в других же глубина сохранившихся частей синклиналей достигает нескольких сотен метров. С наибольшей ясностью видны условия залегания кристаллических сланцев в железнорудном районе Кривого Рога. Криворожский район расположен в Екатеринославской губернии, в бассейне р. Ингульца и его притоков—Саксагани и Желтой. Знакомство с этой областью сразу же освещает основные проблемы курского рудного района и делает понятными многие из геофизических фактов, которые без этого остаются более или менее загадочными. Не вдаваясь в подробности, мы остановимся здесь только на главнейших для нашей непосредственной задачи фактах.

Криворожский район, благодаря присутствию исключительно ценных руд, уже давно привлекает к себе внимание геологов, и ему посвящено большое число специальных исследований, из которых важнейшие принадлежат Пятницкому, Конткевичу и Михальскому. Условия залегания метаморфической свиты, однако, настолько сложны, что упомянутые ученые сильно расходятся между собой в их понимании. В последнее время изучение обширнейшего материала, собранного предыдущими исследованиями, и собственные наблюдения приводят Н. И. Свитальского к такой схеме подразделения пород, развитых в бассейне Ингульца[1]) (сверху вниз):

1. Пестрые сланцы (углистые и глинистые сланцы различных цветов).
2. Железистые кварциты, местами обогащенные рудой (рудная толща).
3. Перемежаемость рудного кварцита с роговообманковыми (иногда с гранатовыми) сланцами (на западе) и с хлоритовыми сланцами (на востоке).
4. Тальковые сланцы.
5. Слюдистые сланцы (филлиты, аспидные сланцы), переходящие внизу в аркозовые песчаники, кварциты и конгломераты.
6. Повидимому, покров порфиритовой породы—миндалекаменной структуры, в нижних слоях равномерно-зернистой и имеющей диоритовый, местами диабазовый характер.
7. Гнейсы на западе и граниты на востоке.

Собственно Криворожская свита начинается конгломератами, аркозами и кварцитами, которые и лежат несогласно на порфиритовых и гнейсо-гранитовых породах.

[1]) Н. Свитальский. О работах Геологического Комитета в Криворожском железнорудном районе. Горный Журнал. 1923. № 1—2.

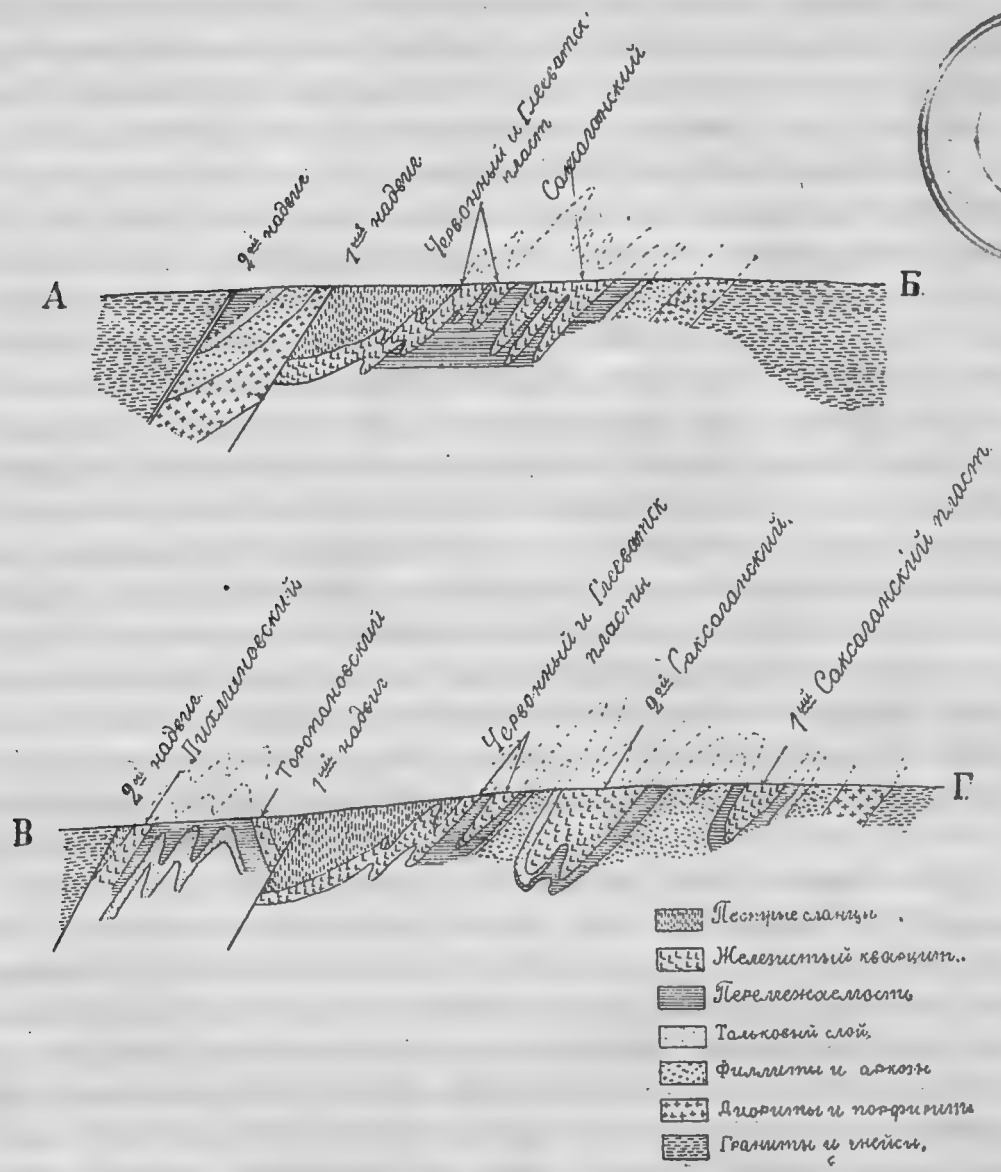


Рис. 17. Схематические геологические разрезы через Криворожский железнорудный район.

Все эти породы сдавлены, как это прекрасно видно на схематических разрезах, составленных Свитальским (рис. 17), в очень крутые складки, наклоненные с запада на восток и претерпевшие многочисленные разрывы; по плоскостям последних западные части складок нередко бывают надвинуты на восточные.

Наибольший интерес для нас представляет толща железистых рудоносных кварцитов. Толща это обладает исключительно хорошо выраженной слоистостью, при чем слои очень

часто бывают изогнуты в чрезвычайно мелкие складки, нередко тоже разорванные и осложненные надвигами. Ввиду особенной важности для нас этой породы мы приведем характеристику железистых кварцитов из работы Пятницкого[1]).

„Видимая сланцеватость породы обусловливается чередованием тонких слоев руды и кварца и весьма естественным наиболее легким отколом на границе этих чередующихся слоев: так как слои очень тонки, то порода и производит впечатление сланцеватости. В тех местах, где кварц и руда находятся в более или менее равномерной смеси, не наблюдается и этой кажущейся сланцеватости. На основании сказанного, следовательно, породу нужно считать тонкослоистым железистым кварцитом. Вид этой породы чрезвычайно изменчив— то она серая, то черная, со всевозможными переходами, при чем цвет ее зависит от количества и природы руды. В поперечном изломе она имеет полосатый вид вследствие послойного чередования более бедных и более богатых рудою слоев, при чем в большинстве случаев (макроскопически) слои эти отделены друг от друга довольно резко. Чем тоньше чередующиеся слои, тем легче она раскалывается на тонкие пластинки и тем более имеет полосатый вид. Иногда в ней замечаются местные прослойки хлорита, достигающие 1 см. толщины.

„Кварц является в виде очень маленьких, в средеем 0,03, м.м. в диаметре, округлых, почти изометрических, прозрачных, бесцветных зернышек, почти одинаковой величины. Почти каждое зерно содержит несколько (большой частью 2—5) непрозрачных, округлых или овальных, частью ограниченных плоскими плоскостями зернышек руды от 0,003 до 0,006 мм. в диаметре, принадлежащих частью магнетиту, частью окиси железа. Последняя является иногда в виде мартита и произошла, вероятно, из первого.

„Местами, иногда на значительных протяжениях, несколько слоев богатых железом, как бы утолщаясь, почти совершенно вытесняют заключенные между ними слои кварцита, образуя сложные слои... Видимая мощность богатых железом слоев и расстояния между ними чрезвычайно изменчивы, а от их числа зависит и богатство железом породы. Если она содержит ме-

[1]) П. Пятницкий. Исследование кристаллических сланцев степной полосы юга России. Труды Общества испытателей природы при Харьковском Университете, т. XXXII 1898.

таллического железа менее 50%, то она, по местным условиям, считается невыгодною для разработки и называется попросту „кварцитом“ или „породою“; только при высшем содержании железа (50—70%) она называется „рудою“ и, если имеет необходимые мощность и протяжение, разрабатывается.

„Руды принадлежат главным образом окиси железа (красный железняк), несколько реже—магнетиту, при чем последний всегда сопровождается первою. Богаты магнетитом, например, железистые кварциты м. Кривого Рога (и к югу от него), Корсак-могилы и Куксунгура. В местностях же, где магнетит не играет существенной роли, напр., в Каменной могиле и почти всюду к северу от м. Кривого Рога, если окись железа не образует особенно сплошных масс, так что отдельные зернышки руды возможно изолировать, она состоит из октаэдрических кристалликов, не притягиваемых магнитом и дающих красную черту. Несомненно, следовательно, что мы здесь имеем дело с псевдоморфозами окиси железа по магнетиту, и я считаю вероятным, что все рассматриваемые руды состояли прежде из магнетита, который в настоящее время сохранился только в особенно благоприятных условиях, большею же частью перешел в окись железа.“

Расположение известных, во время исследования Пятницкого, залежей эксплоатируемой руды показано на геологической карте, заимствованной нами из сочинения этого геолога (см. карты в конце книги, рис. 19, 20). Мы видим, что они образуют вытянутые по общему простиранию кварцитов тела, расположенные рядами. Мощность этих залежей доходит, по Богдановичу, до 20—30 и более 100 метров. В некоторых случаях можно отчетливо видеть, что вниз рудные участки выклиниваются, замещаясь обычными железистыми кварцитами. Вполне очевидно, что в одном и том же слое кварцита могут образоваться залежи технической руды на весьма различных уровнях, и то, что нам известно, далеко не исчерпывает всех рудных скоплений, имеющихся в недрах Криворожского района.

Из приводимой карточки шестидесятиверстного масштаба (рис. 18) видно, что рудоносные породы в бассейне Ингульца протягиваются в ССВ направлении очень узкой полосой почти на 120 километров. При более внимательном рассмотрении выясняется, что полоса эта состоит из нескольких слегка изогнутых более коротких полос. Из геологической карты

Пятницкого видно, что каждая из этих вторичных полос представляет одну или несколько изогнутых по простиранию складок, которые примыкают одна к другой с севера на юг. Необходимо только иметь в виду, что карта эта, как будет сказано ниже, в настоящее время уже значительно устарела. Из карты Пятницкого мы видим, что железистые кварциты в общем занимают на поверхности очень узкую полосу. В районе р. Желтой полоса эта имеет не более 0,75 и часто всего 0,5 километра. На Ингульце южнее Рахмановки ширина выходов железистых кварцитов обычно равна 1, изредка 1,3 клм.; наи-

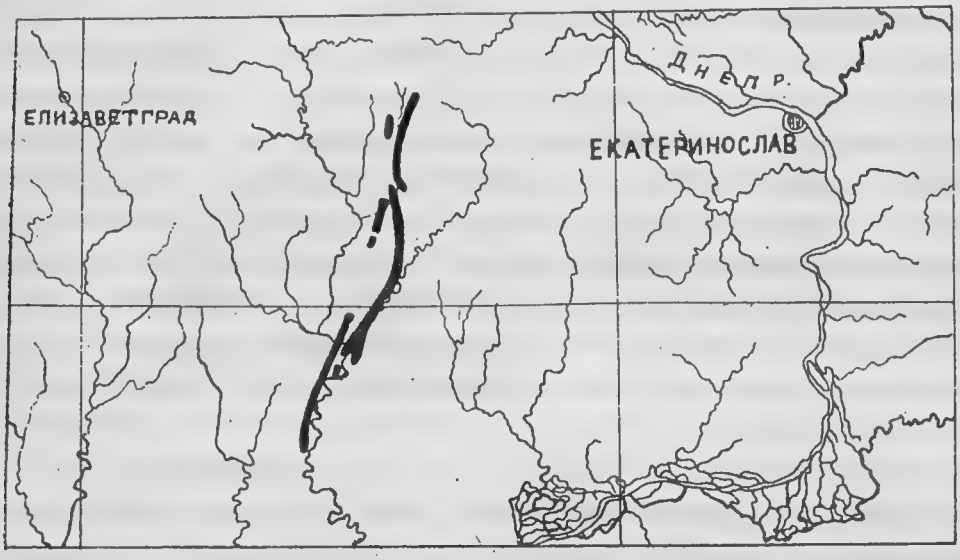


Рис. 18. Карта месторождений железных руд в бессейне р. Ингульца. Черная черта — выходы железистых кварцитов.

большей ширины достигают выходы рудоносных кварцитов на Саксагани, на участке между Скалеваткой и Тернами, к которому и относится, главным образом, приводимая нами карта. Здесь мы видим неоднократное чередование узких полос железистых кварцитов с полосами других членов метаморфической свиты Кривого Рога; если взять расстояние от крайних западных до крайних восточных выходов кварцитов, то оно равно в большинстве случаев 3 клм., но в окрестностях Кривого Рога достигает 5 и даже 6 клм.

Если сравнить описание криворожских рудных кварцитов с приведенным выше описанием щигровской руды, то станет вполне ясным, что мы имеем дело с чрезвычайно близкими и даже, вероятно, тождественными образованиями. В нашем слу-

чае только преобладающим рудным минералом является магнетит, что бывает и в Криворожском районе, но присутствует также и красный железняк, являющийся и здесь, повидимому, продуктом изменения магнетита. Исходя из этого, мы можем с полным правом принять, что в Курском районе мы имеем дело с тою же серией кристаллических сланцев, которая развита и в бассейне Ингульца. Так как юго-восточная часть Воронежской кристаллической глыбы на Дону сложена гранитами, а по обе стороны северной полосы аномалий Курской губернии, согласно гравиметрическим данным, плотность докембрийских пород едва ли может превышать 2,7, то мы в праве предположить, что северно-курские рудные кварциты, подобно криворожским, зажаты среди гранито-гнейсового массива. Принимая далее во внимание, что северно-курская магнитная аномалия тянется по поверхности земли очень узкой полосой, которая обнаруживает упомянутые выше изгибы, мы можем заключить, что и полоса рудных кварцитов образует столь же сильно сдавленные складки, изогнутые слегка по простиранию, какие существуют и в бассейне Ингульца.

Чтобы иметь возможность сделать попытку глубже проникнуть в строение и условия залегания рудоносной свиты, мы должны еще познакомиться с характером тех магнитных аномалий, которые имеют место в Криворожском районе. Аномалии эти изучены были в свое время Пасальским, который в своей интересной книге[1]) излагает обширный фактический материал наблюдений и выясняет ту связь, которая существует между магнитными аномалиями и геологическим строением района.

Накладывая составленные им карты на геологическую карту Пятницкого, как это сделано на рисунках 19 и 20, Пасальский обнаружил теснейшую связь между простиранием железистых кварцитов и распределением в них рудных скоплений, с одной стороны, и расположением линий равных значений элементов земного магнетизма, с другой. „Направление главного хребта вдоль реки Саксагани,—говорит Пасальский,—в точности совпадает с направлением большой саксаганской складки и проходит по наиболее богатой

[1]) П. Пасальский. Об изучении распределения магнетизма на земной поверхности. Записки Новороссийского Университета, т. LXXXV. 1901.

железом полосе железистых кварцитов, так как все главнейшие рудники лежат именно на этом хребте, остальные же лежат весьма близко от этой линии притяжения. Складка вдоль реки Ингульца имеет свой магнитный хребет, который и здесь проходит по большей части рудников этой складки. Далее, небольшой хребет, прорезывающий м. Кривой Рог, в точности совпадает с длинным Тарапаховским пластом; наконец, короткий хребет к северу от последнего, хотя и соответствует полосе железистых кварцитов, но не проходит через известные, по крайней мере, залежи руды. Нужно заметить, что магнитная съемка южной части района, несмотря на значительную густоту сети наблюдений все же не достаточно детальна, чтобы обнаружить второстепенные линии притяжения, и весьма вероятно, что здесь имеются еще несколько хребтов или расщеплений последних, и при проведении их могло бы получиться еще более полное совпадение между ними и положением наиболее богатых железом пластов.

„Следует иметь в виду, что эта часть района наиболее исследована в геологическом отношении. Переходя к северной половине, исследованной несравненно меньше, находим и меньшее согласие между геологической и магнитной картой. Так, главный хребет от Тернов весьма ясно поворачивает на север, к м. Анновке, между тем как на геологической карте показано, что у Тернов саксаганская складка оканчивается, а через Анновку проходит другая складка, составляющая в этом месте с хребтом угол в 30—40 градусов. Южный конец этой складки не прослежен, так что положение его неизвестно. Далее хребет проходит между р.р. Зеленой и Желтой, где уже складка не обозначена“.

Кажущееся несовпадение аномалии с полосой рудных кварцитов на пространстве между Саксаганью и Желтой объясняется просто неверностью геологической карты Пятницкого; взгляд на рис. 18 показывает, что в действительности криворожская свита не обрывается на Саксагани близ Тернов, но продолжается на север, следуя магнитному хребту. Таким образом магнитная съемка Пасальского обнаружила здесь факты, оставшиеся неизвестными Пятницкому.

Внимательно сравнивая карты изодинам Z щигровского максимума с картой их для саксаганской железно-рудной полосы, мы видим между ними, несмотря на разницу в абсолют-

ных значениях вертикальной составляющей, огромное сходство. И там и здесь аномалия тянется на большое расстояние весьма узкой полосой; и там и здесь по осевой линии полосы располагаются ряды вытянутых в общем направлении аномалий вторичных максимумов, которые приурочены, повидимому, к пунктам с особенно большим скоплением магнитного рудного материала, или видимых на поверхности, или же скрытых в глубине; и там и здесь, наконец, на севере наблюдается изгиб осевой линии аномалии, который в Щигровском районе направлен, однако, к востоку, а не к западу. Все, вместе взятое, делает, на наш взгляд, несомненными, что в недрах Курской губернии мы имеем вторую область развития криворожской свиты метаморфических пород, площадь которой, быть может, во много раз превышает площадь их развития в бассейне Ингульца.

Если мы допустим это, то можно будет сделать некоторые выводы и относительно деталей залегания, деталей тектоники Щигровского района. В Криворожском районе, как мы видели выше, складки наклонены на восток; в соответствии с этим наблюдается сгущение изодинам по восточную сторону осевой линии аномалии. Так как в Щигровском районе, по предыдущему, такое сгущение имеет место к юго-западу от осевой линии, то мы можем предположить, что складки здесь наклонены на запад; в связи с этим стоит, быть может, и иное направление изгиба аномальной полосы, на которое мы указывали выше. Если принять это, то можно довольно просто объяснить форму гравитационной кривой, полученной Никифоровым. Она может получить свое объяснение, если толща рудных кварцитов образует синклинальную складку, наклоненную на юго-запад. Тогда крутой юго-западный склон притягивающих масс, о котором говорит Никифоров, будет отвечать выходу края юго-западного крыла складки на поверхность массива кристаллических пород, понижение под пунктом +1.500 м. соответствует осевой части синклинали, а возвышение на +2.000 м. может вызываться существованием скоплений руды в северо-восточном крыле.

Если в недрах щигровских месторождений рудные минералы образуют такие же случайные, неправильно разбросанные в толще железистых кварцитов скопления, какие имеются в Криворожском районе, то этим легко будет объяснить те бы-

стрые изменения в величине аномалии силы тяжести, которые обнаруживает вариометр Этвёша в различных пунктах аномальной полосы. Из двух соседних линий наблюдений одна может пройти над линзой руды, под другой же рудных скоплений не окажется.

Это неправильное расположение рудных скоплений необходимо также иметь в виду при оценке данных магнитометрической съемки. Пункты с максимальным значением магнитной аномалии могут соответствовать вовсе не вершинам подземного магнитного хребта, не подъемам однородного рудного тела, которое при вычислениях приходится уподоблять длинному намагниченному стержню, а просто скоплениям чистой рудной массы среди рудоносных кварцитов. То же обстоятельство заставляет с осторожностью относиться к результатам вычислений, основанных на указанных предположениях.

Существуют и другие, не менее важные вопросы, возникающие при сравнительном изучении Щигровского и Криворожского районов. Магнитная аномалия в пределах щигровского и старооскольского максимумов превосходит известные в настоящее время аномалии бассейна Ингульца. Здесь лишь в одном пункте найдена для Z величина 1,7124, и вообще значения Z большие 1 представляют редкость. Площади внутри изодинамы $Z=0{,}500$, которая на карте Лазарева оконтуривает весь огромный щигровский максимум, являются в Криворожском районе лишь небольшими островками, разбросанными по осевой линии аномалии. Вероятно, большинство рудных залежей в бассейне Ингульца, не говоря уже о рудоносных кварцитах, лежит между изодинамами 0,420 и 0,480. Если мы примем во внимание, что курские рудные кварциты залегают значительно глубже нежели криворожские, и соответственно с этим размеры аномалий, вызываемых ими на поверхности, должны быть меньше, то станет очевидным, что в Курской губ. серьезное практическое значение могут иметь также и районы с весьма умеренным напряжением аномалии. Необходимо иметь также в виду, что магнитные железняки, как мы знаем по Криворожскому району, легко могут частично или вполне переходить в красные, и тогда магнитное действие их может или сильно ослабнуть, или даже вовсе исчезнуть. Красный железняк, как указано выше, присутствует и в образцах, добытых бурением у Щигров, и также, повидимому, является

продуктом изменения магнетита. Таким образом мы имеем право предполагать, что магнитные железняки и в области Курской губернии могут переходить по простиранию в красные. Представим себе теперь, далее, что вообще в пределах Курской губернии преобладающим рудным минералом является вообще красный железняк, а магнитный в больших массах появляется только спорадически, образуя изолированные огромные линзы среди кварцитов с красными железняками. Тогда в разделяющей щигровский и старооскольский максимумы области могут быть любых размеров рудные залежи, расположенные на легко доступной глубине, но слабо действующие на магнитные приборы. Предположение это построено, как и все предыдущие, на аналогиях и легко может оказаться неверным. Однако исключить его нельзя, и попытки осветить вопрос о значении районов с малой напряженностью аномалии, несомненно, должны быть предприняты. Выяснить его едва ли можно иным путем, нежели гравитационными исследованиями с поверкой их в последующем буровой разведкой. Из сказанного должно быть ясно то значение, какое могут иметь планомерные гравитационные работы в областях с малым напряжением магнитной аномалии.

После всего сказанного мы можем попытаться подойти к ответу на тот вопрос, который, естественно, особенно интересует общественные круги в связи с курской магнитной аномалией, к вопросу—об экономическом значении рудных залежей, вызывающих это явление. Уже из предыдущего можно усмотреть, что мы еще очень далеки от определенного решения этой задачи.

Прежде всего, конечно, у многих возникает сомнение, можно ли вообще с выгодой разрабатывать руду на той значительной глубине, на которой она залегает в северных частях Курской губернии. Сомнение это по отношению к ближе изученной части щигровского максимума совершенно не основательно, так как добыча руды на глубине 150 метров не представляет никаких технических трудностей и является вполне возможной. Нужно иметь в виду, что в Криворожском районе добыча руды местами уже теперь производится шахтами до 200 и 300 м. глубины, которые проводятся в пустой, т.-е. лишенной руды породе (сообщение Свитальского). Что касается до качества руды, то уже добытые образцы ее пред-

ставляют вполне определенный практический интерес, принимая особенно во внимание легкость обогащения магнитных разностей железных руд. Путем дробления и последующего извлечения притягиваемых электромагнитами частиц рудного минерала из щигровских железистых кварцитов легко получить материал с высоким содержанием металлического железа. Для красного железняка, не имеющего магнитных свойств, процесс обогащения представляет гораздо большие трудности. Кроме того, из предыдущего должно быть ясным, что единственная из скважин, достигшая в настоящее время до рудных кварцитов, еще не встретила настоящих возбудителей аномалии. Если только доверять физическим методам исследования, в чем, конечно, не может быть сомнения, то, по всей вероятности, где-то вблизи от буровой скважины могут располагаться сплошные массы магнетита, в котором содержание металлического железа может доходить до 70%. Раз такие массы будут встречены при дальнейшей разведке, всякие сомнения в весьма большой промышленной ценности Щигровского района должны будут отпасть.

Далее, для оценки экономического значения всякого месторождения полезного ископаемого, в том числе и железа, необходимо знать размеры его залежей или, как говорят, запасы руды в данном месторождении. Определение точной величины запасов или подсчет действительного запаса представляет большие трудности даже в том случае, когда рудные залежи выходят на поверхность, и требует очень часто длительных и сложных разведочных работ. Мы не имеем вполне точных цифр действительного запаса даже для таких важных и хорошо исследованных месторождений, как криворожские или керченские. Сколько-нибудь точные подсчеты для Курского района будут произведены, конечно, через десятки и десятки лет. Иное дело величины приблизительные, ориентировочные. Если мы проведем, как это сейчас делается, один—два ряда буровых скважин вкрест простирания аномалии в области щигровского максимума, то получим возможность составить до известной степени представление о мощности, распространении и качестве рудных залежей на разведочных линиях. Распространив полученные данные частью путем интерполяции, частью же путем экстраполяции на весь максимум, можно будет определять предположительно и весь

имеющийся здесь запас руды. Несколько скважин в Старооскольском районе и вне максимумов дадут возможность произвести такие же предварительные подсчеты и для всей северной полосы аномалий. В настоящее время, когда не доведена до конца даже первая, обнаружившая руду скважина, очевидно, о подсчетах запасов обычным путем говорить не приходится.

Теоретически возможно подсчитать запасы магнитных железных руд и не прибегая к длительной, подробной разведке их бурением, а основываясь на данных магнитометрической съемки. Для того, чтобы не впасть при этом в грубую ошибку, необходимо предварительно знать более или менее точно характер рудных тел и условия их залегания; эти необходимые данные можно будет получить только после проведения нескольких ориентировочных разведочных скважин.

Можно, наконец, подойти к вопросу еще одним путем, из аналогий, но подход этот не может претендовать на какую-либо точность, и его, при малейшей строгости требований, легко признать неправильным. Мы видели, что по всем признакам Северно-курский железно-рудный район следует считать весьма близким к Криворожскому, но протяжение его вдвое больше, нежели протяжение последнего. Если бы мы знали запасы руды в бассейне Ингульца, то приняв, что на единицу площади в Курской губернии приходится приблизительно такое же количество рудной массы, мы, очевидно, могли бы дать первую, предположительную цифру; принимая во внимание большую величину курских аномалий по сравнению с криворожскими, такое предположение делать приходится, очевидно, лишь с большой осторожностью. Общие запасы руды с содержанием железа более 50% для Криворожского района, нам, к сожалению, неизвестны. Богданович, основываясь на расчетах Фааса, за минимальную величину вероятного запаса разведанной части криворожских месторождений принимает цифру в 86 миллионов тонн, что при переводе на чугун при содержании железа в среднем 62% дает 53.320.000 тонн [1]). Общий запас рудных кварцитов с содержанием железа в 35—40% в Криворожском районе можно,

[1]) К. Богданович. Железные руды России. Издание Геологич. Комитета. 1911. При подсчетах залежи учитывались в глубину обычно до 50 м. и в отдельных случаях до 100 м.

по сообщению Н. И. Свитальского, оценить в сотни миллиардов тонн. Если мы увеличим эти цифры вдвое, то получим первую ориентировочную цифру запасов руды в северной полосе курских магнитных аномалий.

Следующий фактор, определяющий экономическое значение того или иного месторождения, заключается в его географическом положении, в близости к угольным залежам и т. д.; с этой стороны Северно-курский район можно признать расположенным довольно удачно. Наконец, чрезвычайно важное значение в вопросе об использовании тех или иных рудных богатств имеет общая сумма экономических условий, которая меняется от момента к моменту.

Учитывая все сказанное, мы можем думать что район северной полосы курских магнитных аномалий в будущей хозяйственной жизни России может играть весьма серьезное значение; если в ближайшем будущем разведки установят мостонахождение сплошных масс руды на доступной технически глубине, то едва ли могут встретиться препятствия к разработке ее даже в настоящее время.

Рассмотренная нами сейчас в подробностях северная полоса магнитных аномалий не охватывает еще собою всей площади распространения железных руд в Курской губернии. Здесь существует еще, как известно, обширный район магнитных аномалий в Белгородском, Обоянском, Корочанском и Новооскольском уездах; говорить о нем пока еще преждевременно, так как относительно этой области у нас имеются лишь чрезвычайно неопределенные указания Лейста.

В заключение мы можем спросить себя, возможно ли ожидать в будущем открытия в пределах Европейской России новых месторождений железных руд типа криворожских и курских. На вопрос этот придется ответить положительно. Существование идентичных рудоносных пород в столь далеко отстоящих друг от друга местностях, как Криворожский и Северно-курский районы, делают несомненным, что некогда они пользовались весьма обширным распространением и, конечно, могли сохраниться еще во многих местах.

Не исключена, между прочим, возможность, что одна из таких рудных полос находится у нас под самой Москвою. Через Москву, как известно, проходит почти в широтном напра-

влении весьма длинная полоса аномалии силы тяжести, выражающаяся в отклонениях отвеса от его нормального положения. Осевая линия аномалии характеризуется тем, что на ней отвес располагается нормально; севернее этой линии он отклоняется к северу, а южнее—к югу. Для объяснения этих явлений приходится предполагать, что к северу и к югу от аномальной полосы, изображённой на нашей карте (см. карту в конце книги: рис. 21), расположены более плотные массы, нежели те, которые составляют фундамент осадочных образований под самой Москвою [1]). Фритше тридцать лет тому назад было высказано предположение, что описанное явление связано с присутствием по краям аномальной полосы на большой глубине магнитных масс, богатых железом. Исследования названного ученого показали [2]), что под Москвой действительно имеется магнитная аномалия, осевая линия которой проходит параллельно осевой линии гравитационной аномалии (см. рис. 21). Если бы предположение о присутствии под Москвою магнитных железных руд и оказалось бы правильным, то рассчитывать на их добычу все же не приходится. Исходя из геологических данных, можно быть уверенным, что до глубины 500 метров, считая от уровня Москвы-реки, продолжаются еще девонские породы; ниже их, вероятно, залегает еще мощная свита осадков силурийской системы. Вычисления Слудского [3]) делают вероятным, что вызывающие московскую гравитационную аномалию массы располагаются на глубине около 2 километров. Вообще в пределах описанных в первой главе этой книжки впадин докембрийского фундамента Русской платформы всякие поиски магнетитов или красных железняков безнадежны.

В иных условиях находятся районы, отвечающие подземным горстам, где кристаллические породы сравнительно близко подходят к поверхности. К таким районам следует относить,

[1]) G. Schweizer. Untersuchungen über die in der Nähe von Moskau stattfindende Local-Attraction. Bulletin de la Société des Naturalistes de Moscou. 1862, 1863, 1864.

[2]) H. Fritsche. Die magnetischen Localabweichungen bei Moscau und ihre Beziehungen zur dortigen Local-Attraction. Там же. 1893.

[3]) Ф. Слудский. К вопросу о местной московской аттракции. Известия Русского Географического Общества. Т. XXIX. 1893. Ф. Слудский. Об исследовании местных аномалий силы тяжести и земного магнетизма. Там же. Т. XXXII. 1896.

как видно из нашей тектонической карты (рис. 6), прежде всего область „девонской оси“ Средней России, т.-е. Орловскую, юг Тульской и север Воронежской губернии. В этой области, несомненно, интересно было бы сделать магнитометрические рекогносцировки. Соответственно с предполагаемым нами северо-западным простиранием складок докембрийских пород, рекогносцировки эти должны состоять в проведении нескольких линий наблюдений вкрест простирания, т.-е. с северо-востока на юго-запад. В случае открытия аномалий, вероятная глубина залегания докембрийского фундамента могла бы быть, по всей вероятности, определена сейсмическим методом и параллельными геологическими изысканиями.

КРИВОРОЖСКИЙ ЖЕЛЕЗНОРУДНЫЙ РАЙОН И КУРСКАЯ МАГНИТНАЯ АНОМАЛИЯ.

Н. И. Свитальский.

Результаты бурения первой скважины на месте курской магнитной аномалии показали, что мы имеем здесь дело с железными рудами, по составу и строению очень близкими к железистым кварцитам Кривого Рога.

Есть основания предполагать поэтому, что и по происхождению и по способу залегания в земной коре руды Курской полосы должны быть аналогичны рудам Кривого Рога, а потому общее представление о строении Кривого Рога и о залегании руд в этом районе позволит сделать хотя бы самые общие предположения и самую общую расшифровку данных о рудах Курской полосы.

Криворожское железорудное месторождение вытянуто узкой, длинной полосой, около 100 верст, вдоль берегов р.р. Ингульца, Саксагани и Желтой. Оно приурочено к свите слабо метаморфизованных пород, залегающих частью на древних гнейсах и гранитах и частью на сильно измененных покровах диабазовых пород.

Начинаясь на правом берегу Ингульца у селения Широкое узкой полоской около 100 саж. шириною, эти породы тянутся в ССВ направлении до сел. Александров Дар и, расширяясь здесь, приблизительно до 5 верст, тянутся далее в том же направлении по берегам р. Саксагани до с. Веселые Терны. Поворачивая здесь на запад и затем снова на север, эти породы переходят на р. Желтую, разбиваясь здесь на несколько полос. По р. Желтой они прослежены до сел. Желтого. Возможно, что они протягиваются и дальше, но пока еще там не обнаружены.

Криворожская свита пород, вмещающих месторождения железных руд, начинается серым аркозовым песчаня-

ком, переходящим местами в кварцит, местами в конгломерат и представляющим в главной своей массе продукт разрушения гнейсов и гранитов. Этот песчаник кверху переходит в филлит, имеющий местами характер слюдистого сланца, местами простого глинистого сланца. В некоторых местах филлит приобретает великолепную отдельность по плоскостям слоистости и раскалывается на крупные тонкие плиты; в этих случаях он носит название аспидного или кровельного сланца.

На филлитах лежит слой небольшой мощности, от 2 до 6 м., талькового сланца, сложенного главным образом тальком с небольшой примесью актинолита, хлорита, местами кварца, сидерита. Этот сланец имеет зеленоватую или желтоватую окраску и своей мягкостью легко определяется в поле, служа отличным руководящим горизонтом.

Поверх талькового сланца лежат оригинальные слои тонких перемежающихся прослойков безрудного кварцита и хлоритового сланца (в восточной части района) или роговообманкового сланца (в западной части района). Слои эти имеют различную мощность и в направлении кверху постепенно обогащаются рудным минералом—гематитом или, в меньшей мере, магнетитом. Это обогащение рудным минералом имеет место главным образом в хлоритовых или роговообманковых прослойках; прослойки кварцитовые обогащаются в значительно меньшей степени.

На этих слоях залегают слои железистых кварцитов, представляющих собою очень тонкую перемежаемость прослойков рудных и кварцитовых, мощностью от 1 до 10 миллиметров каждый.

В этих породах обычно присутствуют только кварц и гематит (редко магнетит), но в некоторых местах к ним присоединяются кристаллы различных амфиболов, сидерита, апатита; обычной примесью является амфибол куммингтонит-грюнеритового ряда. В северной части района примесь составляет щелочной амфибол, и тогда рудный минерал чаще представлен магнетитом.

Самыми верхними слоями этой толщи являются пестрые глинистые сланцы, слюдистые в одних слоях, углистые в других и в общем очень ярких, пестрых цветов.

Вся свита указанных пород собрана в очень крутые складки, сильно сплюснутые и опрокинутые на восток. Мно-

гие из складок имеют крылья, собранные во вторичные складки; эти последние в некоторых случаях имеют крылья, собранные в складки третьего порядка и т. д. Некоторые слои железистого кварцита вследствие этого показывают весьма тонкую складчатость, скорее плойчатость, носящую те же черты сдавленности и опрокинутости на восток. Изучение этой мелкой складчатости показывает, что напор горообразующих сил с запада был настолько велик, что многие складочки были разорваны, и западное (висячее) их крыло было надвинуто на восточное (лежачее). Такой разрыв складок обнаруживается и в крупном масштабе, именно в западной части района проходят два значительные надвига, одним из которых западная часть надвинута несколько на восточную, а другим гнейсы надвинуты на лежачее крыло самого западного синклинала.

Следовательно, строение района показывает, что рассматриваемый участок земной коры испытал чрезвычайно сильное давление с запада; давление, которое не могло уравновеситься только лишь простою складчатостью пород, и произвело те усложнения, о которых мы говорили, и которые повели к значительному сокращению распространения этих пород.

Железные руды Кривого Рога подчинены слоям железистого кварцита и представляют собой неправильной формы массы (линзообразные), вторично обогащенные рудными минералами. Собственно говоря, и самый железистый кварцит мы можем рассматривать как руду, но с небольшим содержанием железа, в среднем вряд ли превышающим 35%. Вторично же обогащенные рудные залежи содержат от 60% до 66%.

Осадочное происхождение железистых кварцитов столь же очевидно, как очевидно оно и в отношении всякой другой осадочной породы и может быть оспариваемо лишь по недоразумению. Но в то же время очевидно, что железистые кварциты образовались не в том виде, в каком мы имеем их перед собою, а произошли путем метаморфизма какой-то серии пород, о которых мы можем судить лишь приблизительно по тем или иным признакам.

Мы имеем три главных составных части железистых кварцитов, именно кварц (SiO_2), гематит (Fe_2O_3) и железистый силикат ($FeSiO_3$) в виде роговой обманки и хлорита (с некото-

рой примесью $MgSiO_3$ и H_2O). Значительно реже мы встречаем $FeCO_3$ (сидерит).

Это как раз те составные части, которые мы находим в месторождениях оолитовых красных железняков, сопровождающихся железистыми водными силикатами (шамуазит, гриналит), сидеритом, и которые мы встречаем в отложениях различного возраста.

Детальное исследование микроскопических препаратов железистых кварцитов Кривого Рога показало в некоторых случаях присутствие оолитовых образований аморфных веществ, и в общем дало возможность вполне определенно связать это месторождение с только что упомянутыми и считать, что мы имеем здесь метаморфизованную серию осадков, аналогичных тем, которые мы знаем в месторождениях Нучича (около Праги) или в месторождениях Верхнего Озера.

А в таком случае понятно образование и рудных залежей, которыми так богаты наши железистые кварциты.

Эти рудные залежи являются результатом перераспределения составных частей железистого кварцита, т.-е. выщелачивания кварца и замещения его рудными минералами. Такое перераспределение элементов происходило под влиянием горячих растворов, циркулировавших по трещинам и по пластам, для них более или менее проницаемым. Появление таких растворов может быть определенно связано с извержением диабазов, секущих в виде жил породы криворожской свиты. Горячие растворы пост-вулканического периода проникали по трещинам в окружающие породы и производили явления чрезвычайно распространенной каолинизации гранитов и диоритов в этом районе и образование залежей гематита. Что залежи руд образовались после излияния диабазов, видно из того, что жилы диабазов, секущие железистые кварциты вкрест их простирания, в некоторых случаях явно служили преградой для движения растворов, заставлявшей их растекаться в стороны и отлагать руды в иных направлениях и в иных пространственных формах, чем обычно. О движении растворов не только по водопроницаемым пластам, но и по трещинам можно заключить из того, что некоторые руды представляют собой цементированные рудою брекчии и что в некоторых случаях, как рудные минералы, так и кварц, выполняют трещины, идущие вкрест простирания слоев желези-

стого кварцита. Во многих случаях рудные залежи даже сохраняют текстуру железистого кварцита, особенно заметную, если железистый кварцит был сложен в мелкие складочки.

Подобные явления вторичного обогащения и даже образования новых месторождений широко распространены в природе и вполне отвечают структуре наших залежей, которая в настоящее время изучена уже достаточно полно.

Указанные общие сведения позволяют обратиться к некоторым деталям, касающимся залегания железистых кварцитов. Благодаря той интенсивной складчатости, о которой говорилось выше, пласт железистого кварцита выходит на поверхность шесть раз [1]), и местные практики издавна этим шести выходам, тянущимся на расстояния от 20 до 30 верст, присвоили отдельные названия, полагая, что они имеют дело с разными пластами. Но из приведенного выше (стр. 64) разреза, проведенного чрез ст. Карпаватку вкрест простирания пород, видно, что три восточные полосы, так назыв. пласты 1-й и 2-й Саксаганские и пл. Глееватский, представляют собою зажатые ядра синклиналов, а пласты Червоный, Торопак и Лихмановский представляют крылья синклинальной и антиклинальной складок, при чем первые два пласта имеют подземное (синклинальное) соединение, а второй и третий не имеют (голова антиклинала смыта). Указанные выше два надвига проходят так, что первый восточный разрывает синклинал Червоный—Торопак, приподымая и надвигая последнюю полосу (Торопак) к востоку в сторону Червоного пласта, а второй надвиг рвет следующий к западу синклинал с таким же результатом, но резче выраженным, почему дальнейшее продолжение пластов к западу уничтожено эрозией.

При всем этом складки названных пород расположены так, что оси их постепенно погружаются все глубже и глубже по направлению к северу, вследствие чего в южной части Криворожского района пласт железистого кварцита во всех синклиналах выходит на поверхность, и лишь крайняя западная полоса (Лихмановский пласт) тянется далеко на юг.

Вот те данные о геологии Кривого Рога, с которыми мы можем подойти к полосе курской магнитной аномалии и оцени-

---

[1]) По мнению геолога А. В. Фааса, мы имеем два пласта, из которых каждый выходит на поверхность три раза.

вать результаты, полученные произведенными исследованиями. Северная полоса магнитных аномалий имеет в $2^1/_2$ раза большее протяжение, чем Криворожская, а колонки буровой скважины показывают нам железистый кварцит, состоящий из тонко перемежающихся прослойков серого кварцита и магнитного железняка. По текстуре этот кварцит совершенно подобен криворожскому. Следовательно, мы можем предположить, что буровая скважина пересекла пласт железистого кварцита, выходящий на поверхности кристаллического основания узкой полоской на протяжении 250 верст.

Так как магнитометрическая съемка показала существование двух полос с максимальными аномалиями, то по аналогии с Кривым Рогом мы можем мыслить три случая залегания рудных пластов, согласно приведенным схемам.

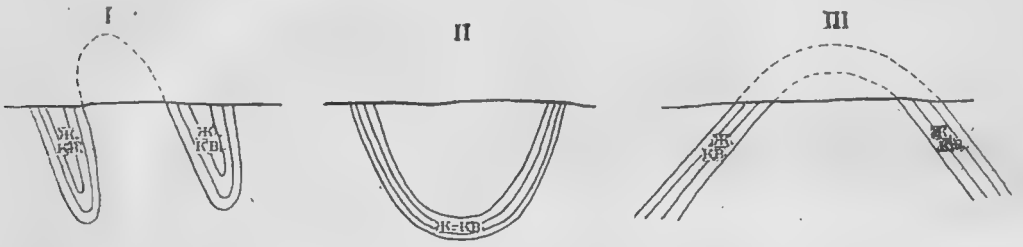


Рис. 22.

Первая схема дает нам залегание, аналогичное предполагаемым для полос 1-й и 2-й Саксаганских; вторая дает обычное синклинальное, подобное Червоной и Торопакской полосам, и третья обычное антиклинальное, подобное Торопакской и Лихмановской полосам Кривого Рога.

Новые скважины, вероятно, скоро разрешат нам эту задачу и покажут нам, с какими подстилающими и покрывающими породами железистый кварцит здесь связан.

Выше уже было упомянуто, что колонка буровой скважины дала нам железистый кварцит, подобный железистому кварциту Кривого Рога. В Кривом Роге железистый кварцит не добывается как руда, а если работы требуют его выемки, то он идет в отвал. Так как в Кривом Роге железистый кварцит лежит прямо на поверхности, то добывать железистый кварцит в полосе курской магнитной аномалии при настоящих условиях явно не понадобится.

Если в Курской полосе окажутся залежи, подобные залежам Кривого Рога, на что рассчитывать мы имеем все основа-

ния, то работать их на глубине 75 саж. и более не представляет никаких затруднений, так как в Кривом Роге рудники во многих случаях опустились работами уже на глубины, бо́льшие 100 саж.

Совершенно особо станет вопрос в случае применения обогащения к железистым кварцитам. В этом случае в Кривом Роге можно легко брать прямо с поверхности, снявши 3—4 саж. третичных осадков, огромные массы кварцита открытыми работами колоссального масштаба, ибо полосы этой руды тянутся на 20—30 верст без перерыва. В Курской полосе развить работы в таком масштабе при глубине в 75 саж. явно будет невозможно и конкурировать с Кривым Рогом в этом случае ей не придется.

Таким образом Курская полоса, по моему мнению, может сыграть крупную роль в нашей промышленности в ближайшее же время, если в ней будут найдены залежи высокопроцентной руды (60—65%), подобные залежам Кривого Рога. Своими же бедными (35—40%) рудами она сможет лишь притти на смену Кривому Рогу в будущем, но не сможет конкурировать с ним.

Таковы те выводы, которые позволяют мне сделать сравнение Кривого Рога с Курской полосой магнитных аномалий, поскольку, конечно, данные первого бурения не будут в корне обесценены данными новых бурений, т.-е., поскольку вообще можно делать выводы из столь еще малого количества данных.

СОДЕРЖАНИЕ.

Стр.

Предисловие 5

Введение. Несколько слов о магнитных аномалиях и их связи с геологическими явлениями 7

Глава первая. Геологическяя структура русской равнины 14

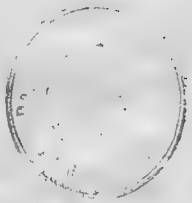
Глава вторая. История изучения области курских магнитных аномалий . . 31

Глава третья. Вероятное строение курских железнорудных месторождений, проблемы дальнейшего их изучения и возможное экономическое значение Курского района 60

Криворожский железнорудный район и курская магнитная аномалия . . 77

Рис. 19. Геологическая карта и карта изодинам Z Криворожского района.

Рис. 20. Геологическая карта и карта изодинам H Криворожского района.



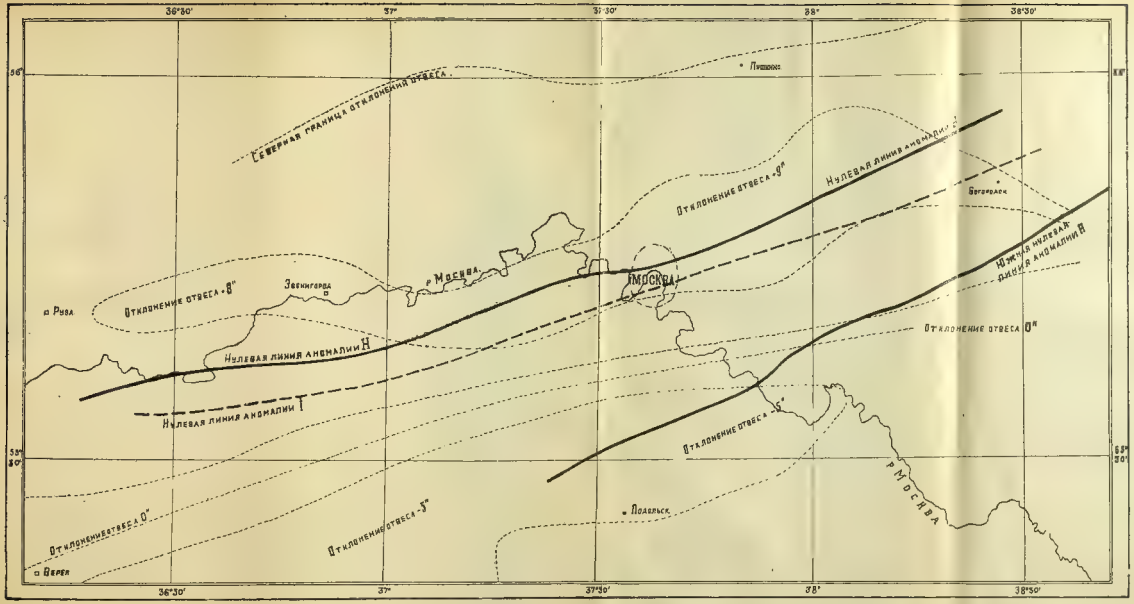


Рис. 21. Магнитные и гравитационные аномалии Московской губернии (по Швейдеру и Фрицше).

КЛАССИКИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ.

Серия книг, издаваемая под общей редакцией: А. Д. Архангельского, В. Ф. Кагана, Н. К. Кольцова, В. А. Костицына, П. П. Лазарева и Л. А. Тарасевича. При ближайшем участии в редакционной работе: В. М. Арнольди, Т. К. Молодого, В. В. Шарвина и Э. В. Шпольского.

ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ:

1. И. И. Мечников.—Лекции о сравнительной патологии воспалений. Под ред. проф. Л. А. Тарасевича (2-е изд.). Ц. 2 р.
4. П. Н. Лебедев.—Световое давление. Под ред. академика П. П. Лазарева и проф. Т. П. Кравца. Ц. 30 к.
5. Г. Гельмгольц.—О сохранении силы. Перев. и ред. акад. П. П. Лазарева. Ц. 25 к.
6. Г. Гельмгольц.—Скорость распространения нервного возбуждения. Под ред. акад. П. П. Лазарева. Ц. 65 к.
7. Сади Карно.—Размышления о движущей силе огня. Под ред. проф. В. Р. Бурсиана и проф. Ю. А. Круткова. Ц. 40 к.
8. М. В. Ломоносов.—Физико-химические работы. Под ред. проф. Б. Н. Меншуткина. Ц. 70 к.
9. Космогонические гипотезы.—Кант, Лаплас, Фай, Дж. Дарвин, Пуанкаре. Под ред. профессора В. А. Костицына. Ц. 1 р. 50 к.

   Г. Мендель.—Гибриды у растений. Под ред. проф. Н. К. Кольцова. Ц. 75 к.

ПЕЧАТАЮТСЯ:

Русские классики морфологии растений. Сборник статей под ред. проф. В. М. Арнольди.

И. П. Павлов.—Лекции о работе пищеварительных желез.

К. Э. Бэр.—Избранные сочинения. Под ред. проф. Ю. А. Филиппченко.

В. К. Рёнтген.—Новый род лучей. Под ред. Акад. А. Ф. Иоффе.

Гарвей.—Открытие кровообращения. С предисл. академ. И. П. Павлова.

ТОРГОВЫЙ СЕКТОР ГОСУДАРСТВЕННОГО ИЗДАТЕЛЬСТВА

Москва, Ильинка, Биржевая пл., Богоявленский, 4. Тел. 47-35.

Петроград, Проспект 25 Октября (Невский), 28. Тел. 5-49-32.

ОТДЕЛЕНИЯ:

Вологда, площадь Свободы; **Воронеж,** проспект Революции, 1-й Дом Совета; **Казань,** Гостинодворская, Гостиный двор; **Киев,** Крещатик, 38; **Кострома,** Советская, 11; **Краснодар,** Красная, 35; **Нижний-Новгород,** Б. Покровка, 12; **Одесса,** ул. Лассаля, 12; **Пенза,** Интернациональная, 39/43; **Пятигорск,** Советский пр., 48; **Ростов-на-Дону,** ул. Фридриха Энгельса, 106; **Саратов,** ул. Республики, 42; **Тамбов,** Коммунальная, 14; **Тифлис,** проспект Руставели 16; **Харьков,** Московская, 20.

МАГАЗИНЫ:

Москва: 1) Советская пл., под гост. б. „Дрезден", тел. 1-28-94; 2) Моховая ул., 17, тел. 1-31-50; 3) ул. Герцена (Б. Никитская) 13, (зд. Консерватории), тел. 2-61-95; 4) Никольская ул., 3, тел. 49-51; 5) Серпуховская пл., 1/43, тел. 1-79-05; 6) Кузнецкий Мост, 12, тел. 1-01-35; 7) Покровка, Лялин пер., 11, тел. 81-94; 8) М. Харитоньевский пер., тел. 1-81-84; 9) Ильинка, Богоявленский пер., 4, тел. 1-01-40.

Петроград: 1) Проспект 25 Октября (Невский), 28; 2) ул. Володарского (Литейный пр.), 21; 3) Проспект 25 Октября (Невский), 13.

810